

P 3835

SEPTEMBRE 1985
Trimestriel

fascicule

3

BULLETIN

D'ÉCOLOGIE



SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

(Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976)

Bureau pour l'année 1984 :

Président : P. PESSON, 55 avenue Duquesne, 75007 Paris.

Vice-Présidents : J.C. LEFEUVRE, Laboratoire d'Évolution des Écosystèmes naturels et modifiés - Muséum National, 36, rue Geoffroy, Saint-Hilaire, 75231 Paris Cedex 05.

Z. MASSOUD, Laboratoire d'Écologie Générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy

Présidents honoraires : G. LEMÉE, P. GRISON, J.A. RIOUX, C. DELAMARE DEBOUTEVILLE.

Secrétaire Générale : Germaine RICOU, Laboratoire de Recherche sur les Écosystèmes prairiaux - INRA - 16, rue Dufay, 76100 Rouen.

Secrétaire Général adjoint : P. BLANDIN, Laboratoire de Zoologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05.

Trésorier : F. DE BEAUFORT, Secrétariat Faune Flore, Muséum National, 57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05.

Trésorier adjoint : M. AMANIEU, Laboratoire d'Hydrobiologie, Université des Sciences et Techniques du Langue-doc, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier Cedex.

Bulletin d'Écologie :

Directeur de la Publication : Secrétaire Générale

Fabrication du Bulletin : R. DAJOZ, Laboratoire d'Écologie Générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy.

Conseil pour l'année 1984 :

AMANIEU M. (adresse ci-dessus).

BARBAULT R., Laboratoire de Zoologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris cedex 05.

DE BEAUFORT F. (adresse ci-dessus)

BELLAN G., Station Marine d'Endoume, CNRS, rue Batteries des Lions, 13007 Marseille.

BLANDIN P. (adresse ci-dessus).

BOUDOURESQUE C., Laboratoire de Biologie Végétale, UER des Sciences de la Mer et de l'Environnement, Luminy — 70, route Léon Lachamp, 13288 Marseille Cedex 2.

BOURNAUD M., Département de Biologie animale et Écologie, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex.

DAJOZ . (adresse ci-dessus).

DELAMARE-DEBOUTEVILLE C., Laboratoire d'Écologie Générale, Muséum National, 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy.

DECAMPS H., Centre d'Écologie des Ressources Renouvelables, 29, rue Jeanne Marvig, 31055 Toulouse Cedex.

DELPECH R., Laboratoire de Botanique et d'Écologie végétale, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 16, rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.

GILOT B., Laboratoire de Biologie végétale, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, B.P. 53, 38041 Grenoble Cedex.

GRENOT C., Laboratoire de Zoologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05.

GUYETANT R., Laboratoire de Biologie végétale, faculté des Sciences, La Bouloie, 25030 Besançon Cedex.

JARRY D., Laboratoire de Parasitologie, Institut de Botanique, rue Auguste Broussonnet, 34060 Montpellier Cedex.

LAMOTTE M., Laboratoire de Zoologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05.

LEBRETON P., Département de Biologie végétale, Laboratoire de Phytchimie (Systématique et Écologie), Université Claude Bernard, 43, Boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex.

LEFEUVRE J.C. (adresse ci-dessus).

LEGAY J.M., Département de Biologie Générale et Appliquée, Laboratoire de Biométrie, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex.

LOSSAINT P., CNRS, CEPE Louis Emberger, route de Mende, B.P. 5051, 34033 Montpellier Cedex.

MASSOUD Z. (adresse ci-dessus).

PESSON P. (adresse ci-dessus).

RAMADE F., Laboratoire de Zoologie, Université Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex.

RICOU G. (adresse ci-dessus).

RIOUX J.A., Laboratoire de Parasitologie, Institut de Botanique, rue Auguste Broussonnet, 34060 Montpellier Cedex.

TREHEN P., Station biologique de Paimpont, 35380 Plélan-le-Grand.

P.J. CHARLES 1937-1985

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976

SECRÉTARIAT GÉNÉRAL

C/O Secrétaire «Faune Flore»
57, rue Cuvier, 75231 PARIS Cedex 05
Tél. 336.54.32

Bibliothèque Centrale Muséum



3 3001 00041537 1

Publié avec le concours financier du Ministère de l'Environnement

Tome 16



P.J. CHARLES 1937-1985

Pierre-Jean CHARLES, membre du Conseil de la Société d'Écologie, est décédé le 11 mars 1985, après une longue maladie supportée courageusement.

Né en 1937, à Saint-Dié (Vosges), ingénieur agronome de l'Institut National Agronomique de Paris, il avait opté pour l'entomologie agricole à l'ORSTOM en 1959. D'octobre 1960 à février 1962, il bénéficia d'une bourse de l'Université Agraire de la Molina à Lima (Pérou) où il se familiarisa avec certaines pratiques de lutte biologique qui en constituent les fondements.

Esprit curieux et enthousiaste, il assiste le Professeur O. Dollfus dans ses missions dans la Haute-Montagne andine, ainsi que Melle Friedberg, ethnobotaniste du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. De retour en France, il dut quitter l'ORSTOM pour raison de santé et il entra à l'INRA en mai 1964.

Affecté à la Station de Recherches de Lutte biologique de la Minière, il se consacra à l'étude de la bioécologie des Tordeuses des bourgeons dont l'incidence économique en verger s'était accrue à la suite des programmes intensifs de lutte chimique. Il étendit ses investigations aux Tordeuses des Pins, lors de son affectation à la Station d'entomologie forestière d'Orléans, dont l'INRA lui confia la direction en 1975.

Il étudia les relations bioécologiques complexes des 14 espèces de ces microlépidoptères en forêt de Fontainebleau où il participa à une R.C.P. animée par le Professeur Lemée. Il y dégagait l'incidence des espèces dominantes, *Rhyacionia buoliana* et *Petrova resinella*, et le rôle de leurs compétiteurs comme réservoirs intermédiaires de parasites. Cette incidence était également évaluée dans le cas des forêts de Pin sylvestre soumises aux effets de la pollution atmosphérique en forêt de Roumare.

Toutes ses études étaient conduites en fonction d'une orientation écologique qu'il avait prise dès son admission à l'INRA en précisant : le cycle et les conditions de l'infestation en rapport avec la phénologie des pins et les caractéristiques stationnelles ; l'impact des tordeuses dominantes selon les espèces et les «provenances» dans le contexte des plantations comparatives.

Il dirigeait les travaux de plusieurs stagiaires effectuant des recherches de D.E.A. et il orientait les études entreprises par les chercheurs de la Station d'Orléans, notamment sur l'entomocoenose des cônes de résineux.

En 1983, après une mission de longue durée aux États-Unis, il envisageait d'approfondir ses recherches personnelles sur les facteurs biochimiques orientant le choix alimentaire des insectes des bourgeons et des aiguilles de résineux, afin de mieux appréhender les mécanismes de «résistance» ou de «tolérance» variétale à l'intérieur d'une essence-hôte, guidant ainsi le travail des sélectionneurs.

Pierre-Jean CHARLES, qui participa avec enthousiasme à la fondation de la Société d'Écologie, était une personne discrète, d'une extrême gentillesse, laissant percevoir une très grande sensibilité. Esprit humaniste, il était unanimement apprécié grâce à la chaleur amicale de son contact humain ; notre collègue laisse un vide qui sera douloureusement ressenti par tous.

La Société d'Écologie présente à sa famille ses plus vives condoléances et l'expression de son entière sympathie.

Pierre GRISON

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

— Tome 16 - N° 3 — Septembre —

SOMMAIRE

G. PAUTOU, H. DECAMPS, C. AMOROS et J.P. BRAVARD. — Successions végétales dans les couloirs fluviaux : l'exemple de la plaine alluviale du Haut-Rhône français	203
G. CUSSET et J.M. MOUTSAMBOTE. — Évolution de quelques descripteurs structuraux lors de la reconstitution de la forêt Yombe (République populaire du Congo)	213
J.M. ELOUARD et F.M. GIBON. — Compétition interspécifique entre les stades préimaginaux de quelques espèces de simulies ouest africaines	223
Informations	230
R. FORGEARD et J. TOUFFET. — Étude de quelques caractéristiques et conséquences d'un feu provoqué dans une lande bretonne	231
Résumés de thèses	243
Analyses d'ouvrages	255
Vie de la Société	261
Annnonce de colloque	263



SUCCESSIONS VÉGÉTALES DANS LES COULOIRS FLUVIAUX : L'exemple de la plaine alluviale du Haut-Rhône français*

par Guy PAUTOU^(1,2), Henri DECAMPS⁽¹⁾, Claude AMOROS⁽³⁾ et Jean-Paul BRAVARD⁽⁴⁾

MOTS-CLÉS : Succession - Dynamique de la végétation - Forêts alluviales - Corridors fluviaux.

KEY-WORDS : Succession - Dynamic of the vegetation - Alluvial forests - Stream corridors.

RÉSUMÉ

Les successions végétales dans la vallée du Haut-Rhône comprennent six séquences principales. Par référence aux modèles géomorphologiques, quatre de ces séquences caractérisent plutôt le tressage, et deux le méandrage. Ces différentes séquences s'interpénètrent à la suite de l'hétérogénéité du lit d'inondation et du changement de modèle géomorphologique. La construction d'ouvrages hydroélectriques paraît devoir accentuer l'évolution amorcée par la construction des digues submersibles ; extension des communautés forestières de bois durs et pénétration d'espèces collinéennes. L'importance relative des processus autogéniques et allogéniques varie au cours du déroulement des successions végétales ainsi qu'en fonction du type de séquence considéré. Un tableau résume les caractéristiques générales du début et de la fin des successions végétales dans les corridors fluviaux.

SUMMARY

Plant successions in the Upper Rhône Valley include six main sequences. In reference to the geomorphological models, four of these sequences characterize rather braided channels and two of them meandered channels. These different sequences interpenetrate due to the heterogeneity of the inundation field and to the change of the geomorphological model. The construction of the hydroelectric plants seems to accelerate the evolution initiated by the erection of embankments ; extension of hardwood communities and penetration of collinean species. The relative importance of autogenic and allogenic processes varies during the plant successions and in terms of the type of sequence considered. The general characteristics of the beginning and of the end of the plant successions in stream corridors, are summarized in a table.

Dans un article récent, LEPART et ESCARRE (1983) ont présenté une revue des travaux sur les successions végétales. De même, CARBIENER (1983) a traité l'évolution d'une zone humide d'origine fluviale dans la vallée du Rhin. Nous apportons ici un point de vue complémentaire à ces travaux en nous appuyant sur les observations faites d'une manière continue depuis vingt ans sur les forêts alluviales du Rhône entre Genève et Lyon.

Une première question se pose à propos de ces forêts, —celle du poids respectif des processus allogéniques et autogéniques sur le déroulement des successions. En effet, dans un corridor fluvial, l'énergie mécanique de l'eau constitue une force «contraignante» (ODUM, 1969) qui redistribue la matière. Cette force varie dans l'espace et dans le temps ; son intensité, faible à l'étiage, devient maximale lors des crues ; sa fréquence d'action élevée près du fleuve s'atténue aux niveaux plus élevés et éloignés qui ne sont atteints qu'à

l'occasion de crues décennales ou centennales. L'influence de tels processus allogéniques sur les successions végétales se modifie selon différents gradients : longitudinal (de l'amont vers l'aval), transversal (du chenal aux régions périphériques), vertical (des bancs d'alluvions fréquemment remaniés aux lies anciennes plus rarement inondées).

Principales causes de successions dans un corridor fluvial, les crues s'exercent sur des systèmes dont l'hétérogénéité topographique, pédologique et hydrologique est très grande et variable dans le temps. Il en résulte pour la végétation l'existence de réseaux complexes et imbriqués de chronoséquences. Le biologiste qui travaille à des échelles de temps de l'ordre de la décennie ne parvient pas toujours à juger de la réversibilité ou de l'irréversibilité des phénomènes qu'il observe. Comment, par exemple, apprécier l'espérance de vie d'un stade sériel donné ?

Par ailleurs, l'homme agit de façon décisive sur le déroulement des successions végétales. Or, ce facteur n'est pas souvent pris en compte. Des interventions d'il y a plusieurs siècles, localisées à plusieurs kilomètres de distance, sont à l'origine de nombreuses successions, d'autant plus que dans les systèmes linéaires tels que ceux que nous considérons ici, l'aval est tributaire de l'amont. Il faut ajouter que ces systèmes forment depuis longtemps une voie d'expansion commode pour diverses espèces introduites (FORMAN & GODRON, 1981).

(1) Centre d'Ecologie des Ressources Renouvelables, CNRS, 29, rue Jeanne Marvig — 31055 Toulouse Cedex.

(2) Botanique et Biologie végétale, B.P. 68, Université de Grenoble — 38402 Saint-Martin d'Hères.

(3) Biologie Animale et Ecologie, Université Cl. Bernard - Lyon I, 43, bd. du 11 Novembre 1918 — 69622 Villeurbanne.

(4) Université Jean Moulin - Lyon III, 74, rue Pasteur, B.P. 0638 — 69239 — Lyon Cedex 02.

* Travail réalisé dans le cadre du Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement (PIREN) du CNRS.

LA DYNAMIQUE DES CORRIDORS FLUVIAUX

Les corridors fluviaux constituent des hydrosystèmes (ROUX et Coll., 1982) : ensembles de communautés aquatiques, de communautés semi-aquatiques fréquemment inondées (en période de hautes eaux ou de fortes précipitations) et de communautés terrestres plus rarement inondées, liées à la présence d'une nappe phréatique.

Ces hydrosystèmes évoluent constamment soit sous l'effet des phénomènes naturels comme les processus d'érosion, de sédimentation, d'eutrophisation, soit à la suite d'interventions humaines comme la construction de digues ou de barrages. Mais ces évolutions sont généralement lentes, progressives et partielles. Elles peuvent n'affecter qu'une partie de l'hydrosystème et se traduire par la disparition de certains types de communautés ou au contraire, par l'émergence de nouveaux. Au total, les évolutions locales contribuent à la permanence de l'ensemble des communautés végétales si on se place à l'échelle du corridor fluvial : des régénérations fréquentes par l'érosion et alluvionnement variables selon les stations garantissent la persistance, à l'échelle globale, du corridor fluvial.

Historiquement, l'influence de l'homme a accéléré le passage d'un espace aquatique issu du travail des glaciers à un espace semi-aquatique composé de zones humides — marais et terrains inondables — puis le passage à un espace terrestre à l'abri des inondations. Successivement ont ainsi dominé : des communautés d'hydrophytes, d'hélophytes, d'hémicryptophytes et de phanérophytes. Au niveau de l'espace alluvial, les activités humaines ont fortement modifié la nature des communautés végétales et les surfaces occupées par chacune d'elles depuis le XVIII^e siècle (Fig. 1) ainsi que l'ont montré PAUTOU & GIREL (1981) et PAUTOU & BRAVARD (1982). Une statistique portant sur les 18 dernières années montre que sur 5 221 hectares des départements de l'Ain, de l'Isère, du Rhône et de la Savoie, 60 % des surfaces herbacées ont disparu, parmi lesquelles 28 % ont été récupérées par l'agriculture (maïs, peupliers) et 29 % ont été envahies par des

saussaies à *Salix cinerea*, des landes à feuillus divers et des fourrés d'*Alnus glutinosa* (Tableau 1). Ceci traduit un double

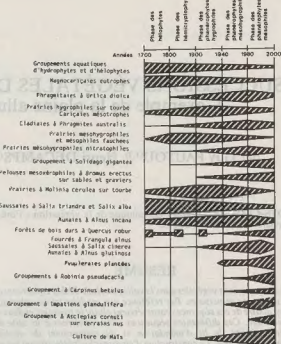


FIG. 1. — Incidence des activités humaines sur l'abondance relative des communautés végétales. A partir de 1800 : construction de digues provoquant l'enfoncement de la nappe phréatique, l'alluvionnement limoneux dans le lit ordinaire, la mise hors d'eau des marais tourbeux. A partir de 1850 : creusement des fossés. A partir de 1900 : abandon des activités dans les marais et instauration d'un statut forestier dans les îles. A partir de 1960 : multiplication des opérations locales de drainage. En conséquence, les communautés mésohyphes et mésohyphes, les communautés rudérales et les communautés forestières ont été successivement favorisées (d'après BRAVARD, 1981 ; PAUTOU & BRAVARD, 1982).

TABLEAU I

Évolution des terrains inondables depuis 1966 dans la zone contrôlée par l'Entente interdépartementale de la Démoustication dans les départements de l'Ain, de l'Isère, du Rhône et de la Savoie

		Surfaces encore occupées par des communautés herbacées	Surfaces récupérées par l'agriculture	Surfaces occupées par des saussaies à <i>Salix cinerea</i>	Surfaces occupées par des landes boisées ou des fourrés à <i>Alnus glutinosa</i>	Surfaces récupérées pour d'autres usages	Surfaces totales et pourcentage par département
AIN	ha %	863,94 46 %	548,80 29 %	261,84 14 %	133,28 7 %	65,28 3 %	1873 36 %
ISÈRE		740,51 32 %	747,16 32 %	443,77 19 %	384,54 17 %	2,00	2317 44 %
RHÔNE		55,20 35 %	50,80 32 %	52,80 33 %			159 3 %
SAVOIE		503,86 57 %	96,06 11 %	158,50 18 %	34,10 4 %	87,40 10 %	880 15 %
TOTAUX		2163 41 %	1442 28 %	917 18 %	552 11 %	155 3 %	5229 ha

phénomène : l'abandon des activités traditionnelles (tauche, pâturage, utilisation de la biomasse comme engrais vert) et la tentative de mise en culture des tourbes eutrophes.

Un schéma d'évolution identique s'applique à la plupart des corridors fluviaux : passage progressif d'un système dans lequel la matière se trouve redistribuée en permanence à un système plus ou moins figé sur le plan géomorphologique et dans lequel les flux sont canalisés (endiguement, drainage). Ces transformations s'accompagnent d'une augmentation de la biomasse et de la matière organique des sols ; on assiste ainsi à l'échelle de l'hydrosystème, à un phénomène analogue à celui de « maturation », avec une augmentation de l'irréversibilité. Des récurrences peuvent se produire, par exemple à l'occasion de crues centennales, sans toutefois parvenir à rétablir l'ancien type de fonctionnement. L'Isère en amont de Grenoble offre l'exemple d'une vallée dans laquelle les relations normales entre l'eau et la végétation naturelle ont été abolies : des communautés végétales de type collinéen envahissent peu à peu cette vallée.

Les modifications des conditions hydrologiques régissent ces évolutions. Nous distinguerons :

- les oscillations cycliques de la nappe phréatique qui entretiennent, à l'échelle spatiale de la communauté et à un pas de temps compris entre l'année et la décennie, une relative stabilité de la communauté.

- les crues et inondations, tout en assurant la réversibilité des processus évolutifs à l'échelle spatiale de la communauté, entretiennent à l'échelle du corridor fluvial, et à des pas de temps compris entre plusieurs décennies et le siècle, une relative stabilité de l'hydrosystème perçu dans son ensemble ;

- l'enfoncement de la ligne d'eau provoque, par exemple au niveau de la confluence du Rhône avec l'Ain, à un pas de temps supérieur au siècle, un processus évolutif irréversible, phénomène généralement masqué par les cycles annuels aux échelles de temps retenues par les biologistes.

Selon la prédominance d'une ou de l'autre de ces modifications, les mécanismes impliqués dans le déroulement des successions végétales diffèrent.

SUCCESSIONS VÉGÉTALES DANS LA VALLÉE DU RHÔNE

Nous distinguons six séquences principales dans le lit d'inondation de la vallée du Haut-Rhône.

Séquence 1 — Elle prend naissance sur les bancs d'alluvions (galets, graviers et sables grossiers), néoformés dans le lit ordinaire (Fig. 2). Une communauté pionnière composée de graminées (*Phalaris arundinacea*), de papilionacées (*Melilotus alba*) et de chénopodiées colonise les dépôts alluviaux récents. Ces dépôts s'accroissent par sédimentation des sables et limons (PAUTOU, 1975), sédimentation qui est accélérée par la végétation en place (Fig. 3). Les stades successifs de la séquence sont les suivants : communauté pionnière à *Scrophularia canina* et à *Melilotus alba*, lande à *Salix alba* et *Impatiens glandulifera*, aulnaie à *Athysanella incana* et *Equisetum hiemale*, aulnaie à *Athysanella incana* et *Fraxinus excelsior*, chénaie-frénaie à *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* et *Populus alba* (sous-association à *Aegopodium podagraria* du *Quercus-Ulmum*).

Séquence 2 — Elle se déroule sur les bourrelets qui se développent en bordure des bras du fleuve ; les sables s'y accumulent en dépôts de 3 à 5 mètres d'épaisseur. Les premiers stades sont identiques à ceux de la séquence précédente. La saussaie à *Salix alba* et *Impatiens glandulifera* peut constituer un stade durable sur la partie la plus exposée du

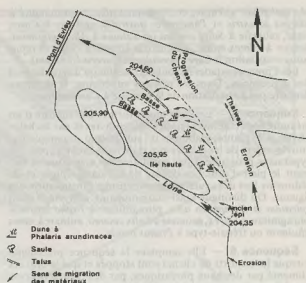


FIG. 2. — Le lit du Rhône en amont du pont d'Évry. Le banc latéral d'alluvions grossières (à gauche) et les dépressions inondées (basses) constituent des points de départ pour les successions de types 1 et 3.

bourrelet lorsque les crues dépassant 1.000 m³/s interviennent de façon fréquente. Une aulnaie à *Athysanella incana*, et *Equisetum hiemale* ou une ormaie haute à *Ulmus minor*, *Populus nigra* et *Acer negundo* se substituent à la saussaie dans les stations à l'abri de l'impact des eaux provenant du chenal.

Séquence 3 — Les dépressions et lônes aux fonds tapissés de limons fins et d'argile abritent cette séquence au pied des levées alluviales et des replats. On distingue successivement : communauté à *Typha latifolia* et *Phragmites australis*, communauté à *Phalaris arundinacea* et *Polygonum lapathifolium* ou communauté à *Bidens tripartita*, saussaie à *Salix triandra* et *Salix viminalis* ou saussaie à *Salix alba* et *Carex acutiformis*, ormaie basse à *Ulmus minor* ou chénaie-frénaie à *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* et *Populus alba* (sous-association à *Carex pendula* du *Quercus-Ulmum*).

Dans les stades initiaux, le dépôt de vase est de 5 à 10 cm. Il atteint 30 à 40 cm dans les sols alluviaux correspondant à la saussaie à *Salix alba* et *Carex*. La couche de limon fin et d'argile atteint 80 à 120 cm dans les sols marmorisés supportant l'ormie ou la chénaie-frénaie terminale.

Séquence 4 — On l'observe dans les dépressions en cours de colmatage, isolées des leur genèse du chenal principal. Cette séquence présente plusieurs stades communs avec la précédente. On distingue successivement : communauté à

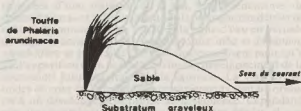


FIG. 3. — L'implantation d'une communauté à *Phalaris arundinacea* accélère la sédimentation des sables et favorise l'installation de ligneux.

Myriophyllum spicatum et *Nymphaea alba*, communauté à *Scirpus lacustris* et *Phragmites australis*, cariçaie à *Carex elata*, saussaie à *Salix cinerea* ou aulnaie à *Aulus glutinosa*, ormaie à *Ulmus minor*, ou chênaie-frênaie à *Quercus robur* (sous-association à *Carex pendula* du *Quercus-Ulmum*).

Les 2 premiers stades ne sont représentés qu'à la partie aval des dépressions. Dans les niveaux supérieurs, la séquence démarre par l'installation de la cariçaie à *Carex elata*.

Séquence 5 — Les bras morts formés par rupture d'un méandre sont colonisés par des hydrophytes et par les héliophytes. Ces plantes élaborent un substratum organique par entrelacement de leurs rhizomes et de leurs racines ; puis, les cypracées progressent par multiplication végétative et ferment le plan d'eau. Les dépôts de biomasse épigée et de sédiments lors des crues préparent ensuite l'installation des ligneux. On distingue ainsi : communauté à *Myriophyllum spicatum* et *Nymphaea alba*, phragmitaie à *Typha latifolia*, phragmitaie à *Carex*, saussaie à *Salix cinerea*, aulnaie à *Aulus glutinosa* ou frênaie-type à *Prunus padus*.

Séquence 6 — Elle remplace la séquence précédente lorsque les apports du chenal sont stoppés et que le bras est alimenté par des eaux phréatiques, par des résurgences ou par des sources : communauté à *Myriophyllum spicatum* et *Nymphaea alba*, phragmitaie à *Scirpus lacustris*, cladiaie semi-aquatique à *Cladium mariscus*, lande à *Frangula alnus*, aulnaie à *Aulus glutinosa* et *Molinia caerulea*. Cette succession est représentée par la communauté ultime dans les lits fossiles, très éloignés du chenal actuel où une tourbe eutrophe s'est élaborée.

L'Île des Sables, formée à la suite de l'abandon du chenal de navigation (Fig. 4) donne une idée du temps nécessaire au déroulement des séquences. Actuellement, les communautés végétales présentes sont dominées par une saussaie à *Salix alba* et *Impatiens glandulifera*, ainsi que par une aulnaie à *Aulus incana* et *Equisetum hiemale* dans les parties les plus hautes (Fig. 5). La comparaison des cartes établies en 1963 et 1983 montre clairement la progression de l'aulnaie grâce à l'installation d'aulnes isolés qui peu à peu envahissent la saussaie. Sans être une étape obligatoire vers la formation de l'aulnaie, les saules créent, en effet, les conditions écologi-

ques favorables à l'épanouissement des aulnes en fixant le sol et en accélérant le dépôt de sables fins et de limons ; ils disparaissent ensuite faute d'un substrat humidifié et éclairé, propice à leur germination. Il faut compter environ cinquante années pour que *Quercus robur* et *Fraxinus excelsior* commencent à développer un front de progression. Dans les meilleures conditions, un minimum de 140 à 200 années est nécessaire pour qu'une île se formant, la succession parvienne jusqu'à son dernier stade.

Nous avons suivi l'évolution de six îles en voie de colmatage (séquence 3) : trois sont encore en eau ; dans les trois autres, la séquence a atteint respectivement le stade de la cariçaie à *Carex elata*, de la saussaie à *Salix cinerea* et de l'ormiaie à *Ulmus minor*. Ici, le ralentissement ou le blocage de la succession résulte d'un exhaussement plus ou moins rapide de la ligne d'eau.

Dans l'ensemble, il est possible de faire référence à la notion «modèle fluvial» qui détermine les séquences géomorphologiques et les vitesses de régénération. Ainsi, les séquences 1-2-3-4 caractérisent plutôt le tressage (mouvements rapides, flux orientés, ...) 5-6 le méandrage. Dans ce dernier modèle, on retrouve les séquences 1 et 2, mais avec une extension faible et une vitesse d'évolution lente.

Ces différentes séquences s'interpénètrent par suite de l'hétérogénéité du lit d'inondation, par exemple dans certaines îles où l'on passe progressivement de graviers moyens en amont à des sables limoneux et limons fins en aval. Pour un bras mort tel que celui de Saugey, isolé depuis deux à trois siècles, la séquence est pratiquement à son terme près de la rive convexe (aulnaie ou frênaie type), tandis qu'une «morte» à hydrophytes et héliophytes occupe encore la partie concave. La fin de ces séquences est marquée par une homogénéisation de l'espace due à la diminution de l'impact des eaux courantes et du volume de sol soumis à aérobie. L'interpénétration des séquences est également due à la juxtaposition spatiale de modèles géomorphologiques et au changement de modèle. Ainsi, dans le cas de la figure 6, le modèle tressé est descendu vers l'aval (île du Grand Brotteau) depuis le Moyen Âge et a perturbé le modèle à méandres originel, isolant les méandres reliques du Saugey, de Brangues et de Cessenoud.

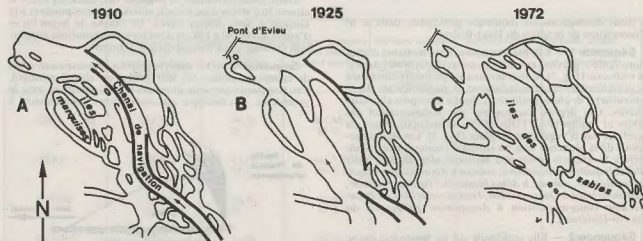


FIG. 4. — Emergence de l'île des Sables. Dès 1925, la zone médiane de l'île est en place ; elle délimite la portion du territoire actuellement occupée par des aulnaies à *Aulus incana* en plus de quelques îlots de frênes. Les saussaies à *Salix alba* occupent des dépôts plus bas et les dépressions colmatées.

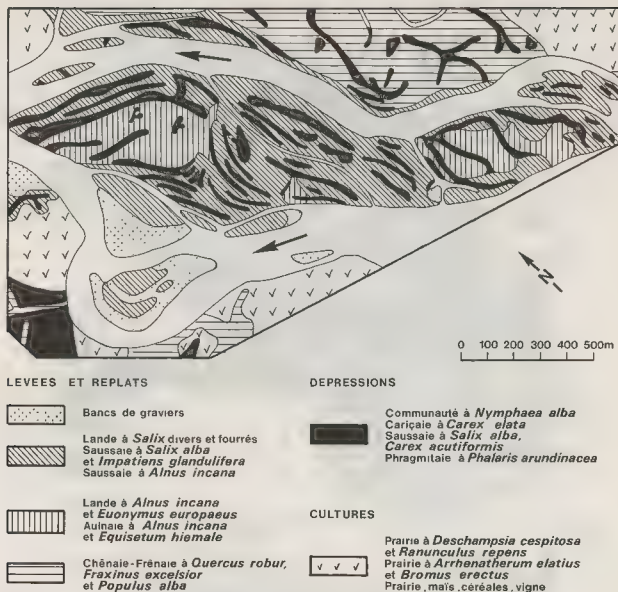


FIG. 5. Les groupements végétaux de l'île des Sables en 1983. Les saussaies à *Salix alba* et aulnaies à *Alnus incana* sont les groupements les mieux représentés. La chênaie-frênaie occupe l'île voisine beaucoup plus ancienne (en haut de la carte).

L'INFLUENCE DES ENDIGUEMENTS ET DES AMÉNAGEMENTS HYDROÉLECTRIQUES

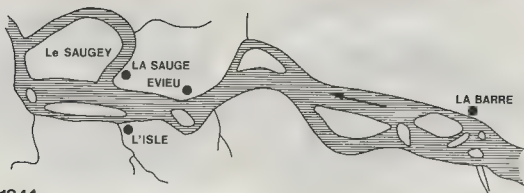
Par suite des endiguements, tous les cas de figure existent entre une succession momentanément interrompue dès le stade de communauté pionnière et une succession qui se déroule jusqu'à la communauté ayant l'architecture la plus complexe.

Par exemple, lorsque le chenal principal est enserré par des digues très proches, la succession de type I ne dépasse pas le stade de la fruticée à *Salix*, cette communauté n'a la possibilité de s'installer que sur les dépôts d'alluvions qui apparaissent au pied des rives convexes. Il en est de même sur les îles qui se forment temporairement avec la partie médiane du lit

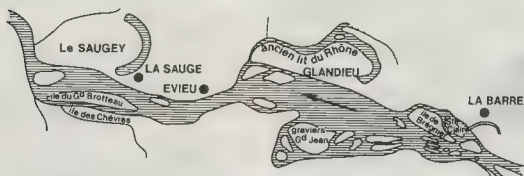
ordinaire. Lorsque les digues sont plus éloignées, l'évolution peut se poursuivre ainsi qu'on l'observe entre le confluent du l'ier et le lac du Bourget où des digues insubmersibles sont éloignées d'une distance de 1 km. Les phénomènes de construction sont suffisamment actifs pour que des dépôts de sable surmontant de 1 m à 1,50 m la ligne d'eau en période d'étiage se constituent. Le stade à *Salix alba* et *Impatiens glandulifera* se généralise; 20 à 30 années suffisent pour qu'il y ait apparition d'un banc d'alluvions et développement de la succession jusqu'au stade de la saussaie. La vigueur des ondes de crue et l'intensité des remaniements sont un obstacle à un développement rapide de la séquence. Cependant, par phytostabilisation et exhaussement des dépôts, il y a, localement, émergence des types présumés pour l'aulnaie à *Alnus incana* et *Equisetum hiemale* et pour la chênaie-frênaie (*Quercus-Ulm*).

Au niveau de l'extrémité méridionale du Jura, la construc-

1766



1844



1966-1983

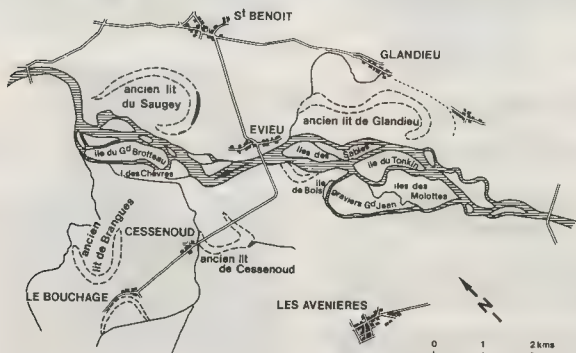


FIG. 6 — Les deux cartes du haut montrent les modifications considérables qui sont intervenues en moins d'un siècle, celle du bas permet de localiser les actuelles ainsi que les contours de six anciens lits de la plaine alluviale où se déroulent des successions de type 5



FIG. 7 — Végétation actuelle des lies du Rhône en amont du pont d'Yver. La chênaie-frênaie à *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* et *Populus alba* occupe les sols de feuillets limoneux et limoneux-sablonneux en amont de l'île, tandis que les aulnaies à *Alnus glutinosa* occupent la partie basse vers l'aval et les dépressions où se sédimentent les limons fins et les collides argileux. Les saussaies à *Salix alba* colonisent les bourrelets de berge et les dépôts récents.

Lieux alluviaux et replats :

1 : groupement à *Phalaris arundinacea*, lande à *Phalaris arundinacea* et *Salix* divers, fourre de *Salix*; saussaie à *Salix alba* et *Impatiens glandulifera*.

2 : au ruisseau à *Alnus incana* et *Ligustrum hyemiale*, lande à *Euonymus europaeus*, aulnaie à *Alnus incana* et *Quercus robur*.

3 : aulnaie frênaie à *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* et *Populus alba* (en cours d'établissement) : sous-associations à *Artemisia ulmaria* et à *Acrosporum podagraria* du *Quercus-Ulmum*, lande à feuillus divers.

Depressions :

4 : aulnaie à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior*, aulnaie basse à *Ulmus minor*, fourre à *Cornus monosperma*; chênaie à *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* et *Populus alba*; sous-association à *Carex pendula* du *Quercus-Ulmum* (en cours d'implantation).

5 : communauté à *Myriophyllum spicatum* et *Nymphaea alba*, pinaginaire, communauté à *Typha latifolia*, carex à *Carex clara*, saussaie à *Salix alba*, *Phalaris arundinacea* et *Carex acutiformis*; saussaie à *Salix cinerea*, saussaie mixte à *Salix alba* et *Alnus glutinosa*; aulnaie à *Alnus glutinosa*.

Plantations :

6 : peupleraies.

tion des digues submersibles en 1886 et l'instauration d'un statut forestier à partir de 1940 devaient permettre un déroulement des successions végétales jusqu'à la forêt de bois durs (BRAVARD, 1983b). Nous disposons là d'un exemple représentatif des évolutions provoquées par l'homme dans un axe fluvial.

La fixation des sables et la sédimentation d'épaisses couches de limons créent les conditions écologiques favorables à l'épanouissement du *Quercus-Ulmum*. Dans ce secteur géomorphologique, l'implantation de l'association type se produit sur des sols présentant une couche de limons de 0,50 à 2 m en surface et des sables en profondeur, en relation avec

une nappe phréatique située entre 2 et 4 m en dessous du niveau du sol. C'est dans les îles les plus hautes, submergées lorsque le débit dépasse 1.400 m³/s, que la séquence 1 atteint le stade ultime (Fig. 6). Actuellement, le *Quercus-Ulmum* peu représenté dans l'axe fluvial, se trouve magnifiquement développé par endroits : île de Dornieu au niveau de Sault-Brenaz, bordure orientale de la forêt de Lavours au niveau de Culoz. La découverte de troncs de *Quercus* à fort diamètre dans plusieurs tourbières semble indiquer que les bois durs devaient occuper anciennement de vastes superficies dans la plaine d'inondation.

La formation et la stabilisation des bourrelets de berges sabieuses (2 à 3 mètres d'élévation en un siècle) ont provoqué le développement de la séquence 2 : installation d'une saussaie à *Salix alba* et *Impatiens glandulifera* à des niveaux altitudinaux élevés et remplacement progressif par une aulnaie à *Alnus incana* et *Equisetum hyemale* ou par une ormaie à *Ulmus minor* et *Acer negundo*.

Dans les lônes soumises à un colmatage minéral (les dépôts peuvent atteindre 1 cm par an), il y a eu émergence de la séquence 4, avec implantation et extension des saussaies à *Salix cinerea* et des aulnaies à *Alnus glutinosa*.

La végétation actuelle des îles en amont d'Evie (Fig. 7) résulte de la construction de digues, il y a un siècle, dans un secteur géomorphologique favorable à la sédimentation de matériaux de faible diamètre ; elle résulte également de l'évolution des pratiques agricoles (abandon des activités dans les îles) et des modes d'exploitation forestière (allongement des baux). Ainsi, les essences à grande longévité, dont la dissémination est lente (barochorie) progressent régulièrement depuis 20 ans. On assiste à une extension de la Chêne-Frêne aux dépens de l'Aulnaie dans la séquence 1, avec diversification de la communauté dans les parties les plus hautes des îles. Par ailleurs, des phénomènes nouveaux modifient les rapports au sein des communautés : disparition des ormaies (graphiose), apparition d'îlots de *Robinia pseudacacia*, création de peupleraies.

Anciennement, ainsi qu'on l'a plusieurs fois souligné (BRAVARD, 1981 ; PAUTOU & BRAVARD, 1982), l'aptitude du fleuve à se déplacer dans son lit d'inondation, les anciennes pratiques culturales, le défrichement assurant le renouvellement des communautés végétales situées en début de séquence (communautés à *Phalaris arundinacea*, à *Salix alba*). Ces mêmes conditions faisaient donc obstacle à l'implantation des communautés situées en fin de séquence. Au contraire, la construction de digues et l'instauration d'un statut forestier ont eu pour conséquences le développement de la forêt de bois dur (BRAVARD, 1983b).

Les aménagements hydroélectriques superposent leurs effets aux tendances antérieures. En effet, la construction de centrales au fil de l'eau, avec canal de dérivation, barrage à l'amont et usine à l'aval provoque une diminution des débits dans les tronçons court-circuités pendant une grande partie de l'année. C'est ainsi que l'aménagement de Brègnier-Cordon, à l'extrémité du Jura méridional, permet un débit réservé de 80 à 150 m³/s dans le Rhône court-circuité alors que le débit moyen annuel atteint 420 m³/s. De telles diminutions des volumes d'eau qui transistent dans les dépressions devraient accélérer le déroulement des séquences des types 3 et 4 dans la mesure où les limons fins et colloïdes argileux se trouvent piégés en période de crue.

Sur les replats des îles hautes, compte tenu de l'épaisseur du plancher alluvial (3 à 4 m), le raccourcissement des phases de submersion et l'abaissement de la nappe phréatique devraient favoriser la sous-association à *Aegopodium podagraria* du *Quercus-Ulmum* aux dépens de l'Aulnaie à *Alnus incana*. On peut se demander, cependant, si des troubles n'affecteront pas les individus qui se trouvent dans les parties les plus hautes de l'île ; l'enfoncement de la nappe se produit dans des sols sableux et graveleux en profondeur ; aussi, les

racines des arbres peuvent se trouver brutalement privées de leur alimentation en eau à partir de l'aquifère. Globalement, la forêt de bois durs progressera dans les niveaux altitudinaux plus bas.

Dans les dépressions et les bras colmatés, la sous-association à *Carex pendula* du *Quercus-Ulmum* devrait connaître une forte expansion aux dépens des saussaies à *Salix alba*, des saussaies à *Salix cinerea* et des aulnaies à *Alnus glutinosa*.

Il est possible, d'autre part, que des stades ultimes nouveaux apparaissent, par exemple, sur les paliers altitudinaux plus élevés dans l'hypothèse d'une brumification des sols, avec *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Carpinus betulus* et plusieurs représentants de l'ordre des *Fagales*.

En définitive, la construction d'ouvrages hydroélectriques devrait accentuer, dans les tronçons court-circuités, l'évolution amorcée par la construction des digues submersibles ; raréfaction des communautés dont la pérennité est assurée par les processus de redistribution des sédiments, extension des types forestiers stables avec les communautés de bois durs, pénétration des espèces collinéennes.

RAPPORTS ENTRE ALLOGÉNIE ET AUTOGÉNIE

En début de succession, les bouleversements sont fréquents et intenses ; ils permettent le maintien de communautés photophiles. Dans les sections de l'axe fluvial où il y a exhaussement et stabilisation des dépôts, la pérennité de certains types de forêts alluviales n'est assurée que par «entrance» dans le couloir fluvial, avec colonisation de nouveaux sites. C'est le cas de la saussaie à *Salix alba* : dans les îles, les individus meurent quand ils atteignent 20 à 30 ans sans se régénérer. Cependant, des saussaies à plus grande longévité existent dans les stations qui, chaque année, sont renouvelées par les crues, les individus âgés aux racines ancrées plus profondément ne sont pas affectés par les transferts de matériaux qui se produisent dans les couches superficielles. Ces individus peuvent atteindre 80 à 100 ans.

Avec l'exhaussement des niveaux du sol par sédimentation, l'impact des crues s'atténue et des communautés composées d'essences pouvant régénérer en sous-bois dense ou sous feuillage léger peuvent s'installer.

Les derniers stades de la séquence (*Quercus-Ulmum*) se trouvent liés à des biotopes peu perturbés par le travail des eaux courantes. Des perturbations localisées peuvent ainsi favoriser la pénétration des populations exogènes. Le retour à l'état forestier initial dépend des capacités d'implantation et de propagation des essences pionnières : certaines comme *Populus nigra* élaborent une communauté clairière où la réinstallation des essences du *Quercus-Ulmum* est aisée ; d'autres, plus agressives, développent un front de progression par multiplication végétative, faisant ainsi temporairement obstacle à la reconstitution de la communauté d'origine. Il faut enfin rappeler que la probabilité d'un retour à l'état initial diminue fortement lorsque les surfaces occupées par la communauté sont réduites. Les essences à dissémination barochore ou à dissémination anémochore lente ont la possibilité de coloniser les portions de territoire dénudées qui sont à proximité des communautés en place. En revanche, lorsque la forêt de bois durs n'existe qu'à l'état d'îlots très éloignés, les essences photophiles dont les graines sont entraînées par les courants aériens (*Populus nigra*, *P. alba* par exemple) occupent rapidement les sites déforestés. C'est ainsi que dans la vallée du Grésivaudan, des communautés dominées par *Populus alba* occupent les terrains qui étaient anciennement le domaine du *Quercus-Ulmum*. Il faut cependant souligner que cette association possède une grande sta-

bilité par suite de caractéristiques telles que : la présence d'essences à grande longévité qui peuvent d'ailleurs se remplace pour occuper le même habitat dans la communauté, l'existence de réserves de nutriments dans l'humus et les couches sous-jacentes limoneuses, la vitesse de la minéralisation de la matière organique, la texture du sol qui lui permet de stocker les eaux d'origine météorique et de pallier une alimentation en eau insuffisante en cas d'abaissement de la nappe phréatique.

Divers types d'isolements peuvent enfin bloquer les successions végétales dans les corridors fluviaux : (1) certains sont d'ordre écologique : les aulnaies à *Alnus glutinosa* sur tourbe eutrophe saturée d'eau par exemple ; (2) d'autres sont dus à l'éloignement géographique : c'est le cas de marais isolés maintenus à un stade herbacé faute de populations voisines d'*Alnus glutinosa* ; c'est aussi le cas de populations de *Robinia pseudacacia* maintenues par l'absence de bois dur (*Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*) ; (3) enfin, en certains cas, la saturation de l'espace interdit de nouvelles implantations isolant par exemple des saussaies à *Salix cinerea*, des fourrés à *Crataegus monogyna*, ou encore certaines phragmites et cladias. Le blocage par les fruticées peut persister pendant plusieurs décennies. Il peut durer plus longtemps en l'absence d'essences de plus grande taille dans un environnement immédiat.

CONCLUSION

Dans les corridors fluviaux, les successions végétales se déroulent selon des modalités qui dépendent largement des vitesses d'exhaussement des dépôts alluviaux et d'approfondissement de la nappe phréatique, soit par enfouissement naturel du cours d'eau, soit par suite de la construction de digues. Chaque type de succession se déroule par ailleurs sur des sites très hétérogènes d'un point de vue hydrologique et pédologique. Il est par suite difficile de prévoir les déroulements des différents stades. Des contraintes spatiales stationnelles doivent être prises en compte, mais aussi des caractéristiques telles que la distance des semenciers ou certaines limitations du pouvoir germinatif comme dans le cas du saule blanc. L'aptitude des essences à occuper plus ou moins rapidement des surfaces plus ou moins étendues joue également un rôle important, tous les intermédiaires existant entre les deux extrêmes représentés par *Populus nigra* et *Quercus robur*.

L'homme exerce depuis longtemps une influence considérable sur ces évolutions. Ainsi, la construction de digues a-t-elle entraîné l'apparition de sites graveleux à nappes superficielles mais protégées de l'impact des crues, *Cladium mariscus*, qui auparavant, n'occupait que des biotopes sur tourbe développée en ces endroits de nouvelles populations.

Il convient aussi de rappeler que toutes les communautés ne présentent pas le même rapport entre processus allogènes et processus autogènes ; par exemple, les séquences de type 5 sont relativement plus autogènes que les séquences de type 1 ou 3. Ceci peut avoir des incidences sur leurs potentialités évolutives : vitesses d'évolution, interventions de l'homme sur des processus allogènes réversibles, etc.

Plus généralement, les successions végétales des corridors fluviaux peuvent être caractérisées comme suit :

Début de succession	Fin de succession
les contraintes physiques diminuent (durée de submersion, volume de sol soumis à des conditions d'anaérobiose, etc.)	
le nombre de phanérophytes, le nombre de strates, la phytomasse augmentent	
la complexité des réseaux alimentaires est maximale dans les stades intermédiaires	
la pression des populations exogènes augmente	
espèces dominantes phorophiles, à dissémination anémochore ou hydrochore efficace	présence d'espèces tolérant un couvert léger, à dissémination anémochore ou barochore lente
communautés composées d'un petit nombre d'espèces étroitement spécialisées	communautés composées d'un grand nombre d'espèces surtout ligneuses
individus à faible longévité ne dépassant pas 50 ans	individus à forte longévité atteignant 150 à 200 ans
dépendance des circuits aquatiques : eaux de débordement, nappe phréatique	réserve en nutriments et en eau : humus, horizons sous-jacents limoneux, effets tampons
faible permanence spatiale : pérennité assurée par errance dans le couloir fluvial ; genèse de terrains non submersibles par rajeunissement partiel du site	permanence spatiale élevée : la pérennité n'est compromise que par action érosive des eaux courantes (déplacement du chenal) ou par pénétration de populations agressives (trouées)

BIBLIOGRAPHIE

- BRAYARD (J.P.), 1981. — La Chautagne. Institut des Etudes Rhodaniennes. Lyon, 182 p.
- BRAYARD (J.P.), 1983a. — Une autocapture du Rhône par déversement dans les basses terres du Bas-Dauphiné (Isère, Ain). *Rev. Géogr. Lyon*, 4 : 370-381.
- BRAYARD (J.P.), 1983b. — Le sédiments fins des plaines d'inondation dans la vallée du Haut-Rhône (approche qualitative et spatiale). *Rev. Géogr. Alpine*, 71 : 363-379.
- CARBIÈRE (R.), 1983. — Le grand nord central d'Alsace : écologie et évolution d'une zone humide d'origine fluviale rhénane. *Bull. Ecol.*, 14 : 249-277.
- FORMAN (R.T.T.) et GODRON (M.), 1981. — Patches and structural components for a landscape ecology. *Bio Science*, 31 : 733-740.
- LEPART (J.) et ESCARRE (J.). 1983. — La succession végétale, mécanismes et modèles : analyse bibliographique. *Bull. Ecol.*, 14 : 133-178.

- ODUM (E. P.), 1969. — The strategy of ecosystem development. *Science*, 164 : 262-270.
- PAUTOU (G.), 1975. — Contribution à l'étude écologique de la plaine alluviale du Rhône entre Seyssel et Lyon. Thèse, Grenoble : 375 p.
- PAUTOU (G.) et BRAVARD (J. P.), 1982. — L'incidence des activités humaines sur la dynamique de l'eau et l'évolution de la végétation dans la vallée du Haut-Rhône français. *Rev. Géogr. Lyon*, 87 : 63-79.
- PAUTOU (G.) et DECAMPS (H.), 1985. — Ecological interactions between the alluvial forests and hydrology of the Upper Rhône. *Arch. J. Hydrobiology* 104 : 13-37.
- PAUTOU (G.) et GIREL (J.), 1981. — Les associations végétales à *Cladium mariscus* dominant la vallée du Rhône entre Lyon et Genève. In *Colloques Phytosociologiques*, 10 (J. Kramer éd.), Lille : 333-349.
- ROUX (A. L.), AMOROS (C.), RICHARDOT-COULET (M.), REYGROBELLET (J. L.), PAUTOU (G.) et BRAVARD (J. P.), 1982. — Cartographie polythématique appliquée à la gestion écologique des eaux. Étude d'un hydrosystème fluvial : le Haut-Rhône français. C.N.R.S., Paris, 98 p.

ÉVOLUTION DE QUELQUES DESCRIPTEURS STRUCTURAUX LORS DE LA RECONSTITUTION DE LA FORÊT YOMBE (République populaire du Congo)

par Gérard CUSSET et Jean-Marie MOUTSAMBOTE

*Station de Recherche biécologique forestière de Dimonika, M'Pounga
District de M'Youss, République populaire du Congo**

MOTS-CLÉS : Forêt tropicale - Descripteurs structuraux - Reconstitution de la forêt - Filière bois - Afrique centrale - Congo.

RÉSUMÉ

L'évolution au cours du temps de divers descripteurs structuraux conduit à définir 3 périodes dans la séquence de reconstitution de la forêt Yombe. L'accent est mis sur l'existence d'un épisode critique assez long dont les pratiques culturelles doivent tenir compte.

La régénération de la forêt tropicale est un des problèmes majeurs qui se posent à l'Ecologiste contemporain. L'intérêt économique de ce biome, souvent surexploité, est évident : production de bois d'œuvre et de chauffe, possibilité de cultures vivrières (manioc, bananes, taro, ...), mais il faut souligner l'importance du maintien de la forêt tropicale à deux autres points de vue : conservation de nombreuses espèces employées en phytothérapie, et survie d'espèces animales inféodées à ce milieu. Par exemple, la forêt du Mayombe est encore fréquentée par d'assez nombreux gorilles, de nombreux chimpanzés, et des Pottos de Bosman (ou «ours du Mayombe») dont c'est l'habitat exclusif, pour ne nous en tenir qu'aux Primates.

Cependant, nous ne disposons encore que d'assez rares données quantitatives sur cette régénération. En Afrique, ne sont disponibles actuellement que les données obtenues dans la forêt de Tai, en Côte d'Ivoire (De NAMUR, 1978; KAHN, 1982), au Ghana par HALL et SWAINE (1981), et par DEVINEAU (1984) dans des forêts tropicales de Côte d'Ivoire.

Le Gouvernement congolais, parfaitement conscient de ce problème, a inscrit dans les priorités de son plan quinquennal de recherches la régénération de la forêt et a traduit effectivement cette volonté d'études en créant la Station de recherches pluridisciplinaires de Dimonika, dans le Mayombe congolais (12°26' longitude est, 4°14' latitude sud).

C'est dans le cadre du Programme Dimonika, qui y est poursuivi avec l'aide financière de la Mission française de coopération, que cette étude a été effectuée.

Les (ma)yombe — au singulier (di)yombe — sont des

SUMMARY

The changes in time of several structural descriptors lead to define 3 periods in the restitutive sequence of the yombe forest. The event of a critical phase is emphasized. The cultural practices must take it in account.

chaînes de montagnes parallèles à la côte océane, s'étendant entre les fleuves Nyanga au Nord et Lukula au Sud, sur une centaine de kilomètres de profondeur et environ 450 km de long, à travers plusieurs pays : le Gabon, le Congo, l'Angola (Province du Cabinda) et le Zaïre. Cette région a un caractère appalachien avec une succession de reliefs quartzitiques séparés par de profonds fossés creusés dans les schistes ou les micaschistes, selon des crêtes N.O.-S.E. opposant un obstacle important à la circulation entre la côte et l'intérieur, ce qui l'a maintenue dans un état «naturel», avec une pression humaine très faible. Ces roches-mères précambriennes ont évolué en sols ferrallitiques fortement désaturés, avec un horizon graveleux fréquent vers 50 cm de profondeur, et des horizons superficiels parfois décapés par une érosion importante. Ils ont récemment été bien décrits par JAMET (1979).

Le climat y est de type bas-congolais (1200-1700 mm de précipitations annuelles et saison sèche marquée) selon VENNETIER (1977). La Station météorologique de Dimonika est de création trop récente pour donner des résultats certains, mais tout indique qu'ils sont voisins de ceux des Stations cabinaises de Belize et de Bucau-Zau. Selon la classification des climats de THORN THWAITE, ce climat est humide, mégatherme, avec un déficit hydrique tout à fait léger pendant l'hiver (austral !). Une caractéristique notable de la région de Dimonika est la très forte humidité atmosphérique, de moyenne annuelle supérieure à 92 %, qui se traduit par l'extrême fréquence des brouillards, pratiquement quotidiens au petit matin et après chaque pluie. Ces brouillards recouvrent une zone limitée à l'Est par la ligne de crêtes dominant la vallée du Niari-Koulou et correspondent étroitement avec un certain type forestier riche en Olacacées, Bursacées et Guttifères que nous avons nommé la forêt yombe (CUSSET, 1981). Il paraît assuré que les très importantes précipitations occultes dues à ces brouillards déterminent ce type forestier dans une dition où les arbres ne

* Adresse actuelle : Laboratoire de Physiologie quantitative, Université Pierre et Marie Curie, 7 Quai Saint-Bernard, 75005 PARIS.

souffrent jamais de sécheresse.

Depuis 1976 nous avons effectué plusieurs séjours dans cette région, totalisant une durée d'environ 4 ans. Au cours de cette période, après une étape initiale de déterminations (il n'existe aucune Flore du Congo), nous avons surtout étudié la reconstitution de cette forêt après défrichements pour cultures.

MÉTHODOLOGIE RETENUE

Des observations préliminaires nous ont montré qu'une description correcte de la reconstitution de la forêt yombe, qui s'échelonne sur une durée de plus d'un siècle, nécessitait l'étude d'une dizaine de stades, de préférence choisis selon une échelle temporelle logarithmique. Il convenait également que les parcelles retenues se trouvent dans des conditions édaphologiques identiques. En effet, les pentes très fortes de cette zone entraînent l'existence de canaux nettes. Par ailleurs, étant donnée la complexité de cette forêt, des répétitions étaient nécessaires pour s'assurer de la possible généralisation des résultats de l'étude de chaque parcelle.

Il n'a pas été très aisé de trouver sur le terrain des parcelles correspondant à toutes ces conditions, notamment en ce qui concerne leur âge. Toutes celles étudiées sont situées topographiquement de façon identique, à mi-pente, en exposition O.N.O. Leur traitement initial, pour autant que la tradition orale nous permette de l'assurer, est le même : elles proviennent d'anciens défrichements pour des plantations de manioc. Il est important de noter que, dans cette diton, les défrichements sont faits très soigneusement, par essartage total de la végétation naturelle, les arbres étant coupés à leur base et brûlés sur place, en fin de saison sèche. Seuls sont conservés les Irvingiacées à bois très dur et à amandes comestibles et les *Coula edulis*. Il n'en existe pas dans les parcelles que nous avons étudiées. On peut donc considérer que le point de départ est effectivement un sol nu.

D'autre part, les Bayombe, de façon traditionnelle, ne réutilisent pas les plantations. Après épuisement en quelques années (environ 5) de la culture de manioc, elles sont totalement abandonnées, pour de très longues périodes, ce qu'autorisait la très faible densité humaine de cette région. Avec le regroupement récent de villages, ce qui a permis l'édification d'Écoles et de Dispensaires, cette densité a localement augmenté et les plantations tendent à être utilisées plusieurs fois. Nous en verrons les conséquences à la fin de cet article.

Au total, 12 parcelles ont été examinées, dont 4 à titre de répétition. Ces répétitions ont montré une excellente cohérence dans nos relevés, les écarts sur les différents indices calculés ne dépassant pas 8 % bien que les emplacements retenus et les auteurs des relevés aient été différents. A titre d'exemple nous donnons (Tableau 1) ces valeurs pour 2 parcelles du lieu-dit «Mbulu pambu», âgées de 150 ans

Cusset, 1981	Moutsamboté, 1984
Indice de Shannon 5,24	5,64
Indice de Simpson 22,39	22,26
Équitabilité Shannon 0,79	0,81
Équitabilité Simpson 0,18	0,17

Il paraît certain que la bonne répétabilité des mesures provient d'un traitement initial identique, de la constance remarquable des conditions climatiques, et d'une pression anthropique et animale très modérée.

Nous donnerons ici les valeurs obtenues pour 8 parcelles dont la datation, assurée par enquête sur place et contrôle d'après le diamètre des plus gros arbres, suit approximative-

ment une échelle logarithmique.

Les relevés ont été effectués sur une surface de 300 m² ; tous les individus ont été notés, avec leur taille et leur forme biologique. En effet, il nous a paru plus utile, pour une description exacte de chaque stade chronologique, de prendre en compte la «forme» réelle de chaque individu, telle qu'elle est à ce stade, plutôt qu'une forme potentielle, le type biologique dont on ne sait pas vraiment s'il sera réalisé sur cette parcelle et à quelle échéance. Bien que cette opinion entraîne sur le terrain un travail beaucoup plus long (il faut dénombrer les formes individu par individu, au lieu d'attribuer des types espèce par espèce), nous pensons que les spectres biologiques ainsi obtenus reflètent mieux la réalité structurale dans ce qu'elle a de changeant.

Les placettes décrites ici ont les âges suivants :

placette n°	âge (en années)
1	0,25
2	1
3	4
4	7
5	15
6	50
7	70
8	150
	(environ)

Les calculs ont été effectués sur un micro-ordinateur Apple 2e selon les méthodes maintenant classiques, avec des logiciels de notre réalisation.

RÉSULTATS

Les résultats de ces différents calculs peuvent se traduire en courbes en fonction du temps, considéré comme la variable pertinente pour la description de la reconstitution de la forêt (Fig. 1 à 15). On observe immédiatement l'appartenance de ces courbes à deux groupes : certaines sont monotones, d'autres sont bimodales.

COURBES MONOTONES

Une courbe monotone indique que le descripteur en question traduit une évolution régulière en fonction du temps au cours de la reconstitution, sans à-coup. Soit de ce type :

□ La vitesse de renouvellement des espèces :

Nous avons calculé cet indice à partir de l'indice de similarité entre 2 groupements selon KULCZINSKI (1928), divisé par le nombre d'années séparant les 2 groupements et multiplié par un coefficient arbitraire de 1.000 :

Vitesse de renouvellement = $(1.000 \times 2 \times \text{nombre d'espèces communes} / \text{nombre total d'espèces}) / \text{nombre d'années séparant les groupements}$.

En portant sur un graphique en coordonnées logarithmiques la vitesse de renouvellement en ordonnées, contre le temps en abscisses (Fig. 1) on remarque aisément que les points représentatifs s'ordonnent suivant une droite. Le lissage par la méthode des moindres carrés fournit l'équation suivante :

$\log_e(\text{vitesse de renouvellement}) = 9,46 - 1,10 \log_e(\text{âge en années})$ avec un coefficient de corrélation (entre les log) de 0,984.

□ L'importance relative des espèces de taille supérieure à 2 m :

Deux notions différentes sont regroupées sous ce titre ; on peut étudier les pourcentages d'espèces dont des individus sont supérieurs ou inférieurs à 2 m, ou les pourcentages d'espèces dont tous les individus sont dans ces limites de taille. Les 2 courbes de la Fig. 3, en trait plein et en tiretées correspondent à ces 2 notions. Elles sont obtenues en faisant le rapport des espèces de plus de 2 m aux espèces de moins de 2 m. On remarque qu'elles ne sont pas très différentes, notamment en ce qu'elles semblent admettre toutes les deux une asymptote horizontale quand le stade de reconstitution est très âgé, ce qui incite à tenter un lissage selon une fonction hyperbolique. Effectivement, le calcul conduit aux équations suivantes :

$$1/y = 0,004 + 0,159/x$$

avec un coefficient de corrélation (purement descriptif) de 0,995 dans le premier cas, et de :

$$1/y = 0,002 + 0,273/x$$

avec un coefficient de corrélation de 0,967 dans le second cas, x étant l'âge en années et y le pourcentage considéré ; on note que les rapports de leurs inverses sont sensiblement constants pendant toute la durée de reconstitution de la forêt yombe.

□ L'indice de Shannon en fonction du nombre d'espèces :

L'indice de diversité de SHANNON, dont il n'est plus besoin de rappeler le mode de calcul, peut être considéré dans ses rapports avec le nombre d'espèces, autre descripteur de la diversité de la phytocénose considérée (Fig. 16). La disposition des points représentatifs étant assez régulière on peut en tenter un lissage. Effectivement un régression polynomiale d'ordre 2, par la méthode des moindres carrés, fournit l'équation :

$$I_{sh} = 0,96 + 0,12 (N_{sp}) - 6,70 (N_{sp})^2$$

dont la courbe représentative, tracée Fig. 16, est effectivement très voisine des valeurs empiriques. Il convient cependant d'insister sur ce que ces points représentatifs ne se succèdent pas le long de la courbe selon une séquence identique à celle de l'âge des parcelles étudiées. Cette relation a un certain intérêt en tant que précisant la relation entre deux descripteurs écologiques apparentés, mais elle ne caractérise pas la série chronologique des phénomènes de la reconstitution de la forêt.

De plus elle n'est nette que pour les individus dont la taille est supérieure à 2 m (cas étudié ici). Quant on prend en compte la totalité des individus, quelle que soit leur taille, les points représentatifs ne semblent suivre aucune loi précisée descriptible simplement. La relation entre diversité et nombre d'espèces mise en évidence est voisine de celle observée par MONK (1967) dans les forêts de Floride. Son interprétation « this relationship between the number of species and diversity stems from the fact that species, as they are added, tend to be rare in occurrence » nous semble sans objection sérieuse.

COURBES BIMODALES

La plupart des descripteurs écologiques ne suivent pas une loi aussi simple que les précédents et leurs courbes représentatives sont bimodales. C'est le cas de :

□ La densité à l'hectare :

Si l'on considère l'ensemble des individus, quelle que soit leur taille (courbe en trait plein Fig. 7) on constate une densité extrêmement forte dans les premiers stades de reconstitution, atteignant environ 280.000 individus/hectare à 1 an, et diminuant assez régulièrement pour se stabiliser vers 22.000 individus/hectare après 100 ans. On peut alors essayer de lier cette courbe représentative par une fonction. Celle qui convient le moins mal est hyperbolique :

$$1/y = 0,027 - 0,006/x$$

y étant le nombre d'individus et x l'âge en années.

Cependant le coefficient de corrélation est très faible (= -0,517) et cet ajustement ne peut être considéré comme satisfaisant. Nous sommes donc amenés à décrire la courbe représentant la densité comme non monotone, avec deux minima, le premier à 7 ans et le second, peu net, après 70 ans.

En envisageant les seuls individus de taille supérieure à 2 m (courbe en tiretées Fig. 7) on observe un comportement différent. Après un maximum net à 7 ans de plus de 10.000 individus à l'hectare, la densité diminue fortement (d'environ 50 %) à 15 ans, puis remonte régulièrement jusqu'à 150 ans, dernier stade étudié.

La densité en individus de taille supérieure à 8 m (courbe en pointillés Fig. 7) augmente régulièrement à partir de 7 ans, sensiblement selon une fonction puissance :

$$\log_e (\text{densité}) = 2,38 + \log_e (\text{âge en années})$$

avec un coefficient de corrélation entre les log de 0,929.

Selon la méthode retenue pour dénombrer les individus —tous quelle que soit leur taille, ceux supérieurs à 2 m, ou ceux supérieurs à 8 m — nous avons donc des évolutions « différentes » de la densité en fonction du temps, dans la série de reconstitution. Cette constatation appelle deux remarques : ces différences reflètent fidèlement l'évolution structurale de la phytocénose, la taille étant un descripteur important ; elles ne facilitent pas les comparaisons entre des travaux reposant sur des méthodologies différentes, même légèrement, comme c'est hélas le cas général en l'absence d'une standardisation de la prise de données.

□ Les formes biologiques :

Rappelons que nous considérons sous ce terme la structure effectivement présente dans chaque parcelle, examinée individu par individu. Nous avons choisi de suivre le découpage de Raunkiaer tel qu'il a été modifié par l'Ecole de Louvain, pour la description de la végétation zairoise, en y voyant un classement selon la hauteur des bourgeons par rapport au sol, et donc une description de la distribution verticale des méristèmes présents dans la phytocénose.

Nous y reconnaitrons :

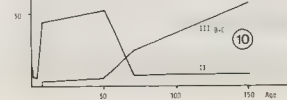
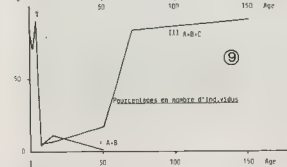
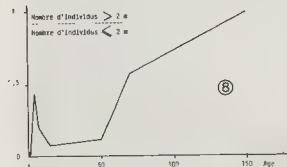
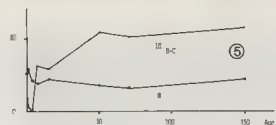
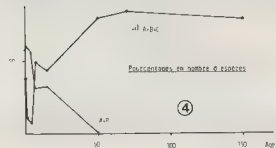
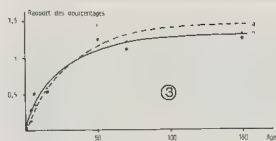
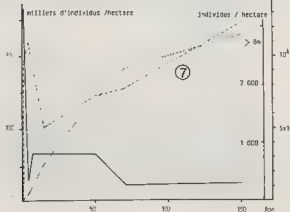
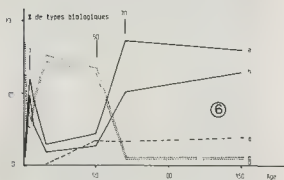
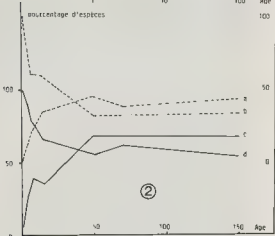
• les phanérophytes,

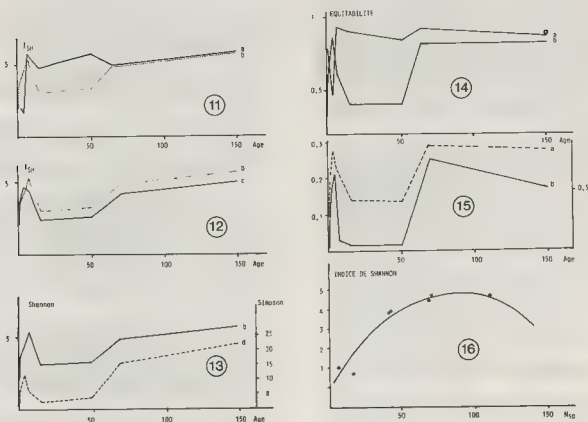
- mégaphanérophytes, de taille supérieure à 30 m,
- mésophanérophytes, entre 8 et 30 m,
- microphanérophytes, entre 2 et 8 m,
- nanophanérophytes, entre 0,80 et 2 m ;

en distinguant dans ces catégories les phanérophytes *sensu stricto*, c'est-à-dire érigés, et les hanes phanérophytiques ;

• les hémicryptophytes et les chaméphytes, dont les bourgeons sont à moins de 0,80 m du sol ;

• les géophytes, dont les bourgeons sont souterrains ;





Explication des figures

FIG. 1. — Vitesse de renouvellement des espèces en fonction du temps (en années) entre les 8 stades étudiés.

FIG. 2. — En trait plein, pourcentage des espèces ayant des individus de taille supérieure à 2 m (courbe a), ou des individus de taille inférieure ou égale à 2 m (courbe b). En tirets, pourcentage des espèces ayant tous leurs individus de taille supérieure à 2 m (courbe c) ou inférieure ou égale à 2 m (courbe d). A ces deux dernières courbes correspond l'échelle de droite; aux courbes c et d, l'échelle de gauche.

FIG. 3. — Rapports des pourcentages des espèces ayant des individus de taille supérieure à 2 m par les pourcentages des autres espèces (courbe en trait plein). En tirets, même courbe pour les espèces ayant tous leurs individus dans ces limites de taille.

FIG. 4 et 5. — Pourcentages par rapport au nombre total d'espèces non accidentelles des espèces appartenant à certains groupes écologiques: I — Héliophiles, II — Indifférentes; III $A + B + C$ — Scaphiles. Explications complémentaires dans le texte.

FIG. 6. — Pourcentage par rapport à l'effectif total (en individus) des effectifs de diverses formes biologiques: courbe a = $1/2$ des phanérophytes (inclus les lianes phanérophytiques), b = $1/2$ des phanérophytes non inclus les lianes, c = $1/2$ des géophytes et des cryptophytes, d = $1/2$ des géophytes, e = $1/2$ des ligneux (inclus les lianes de taille supérieure à 8 m). Les chiffres indiquent certains instants caractéristiques (en années).

FIG. 7. — Densité à l'hectare, en nombre d'individus. En trait plein (échelle de gauche) tous les individus sont dénombrés. En tirets, seuls ceux de taille supérieure à 2 m sont pris en compte (échelle à l'extrême-droite). En pointillés, les arbres de pas de 8 m sont seuls considérés (échelle de droite).

FIG. 8. — Rapport du nombre d'individus de taille supérieure à 2 m au nombre d'individus de taille inférieure ou égale à 2 m, en fonction du temps (en années).

FIG. 9 et 10. — Même figures que les figures 4 et 5, mais les pourcentages sont exprimés en nombre d'individus et non plus en nombre d'espèces. On notera la forte différence pour les courbes représentant le groupe écologique II.

FIG. 11. — Indice de Shannon en fonction du temps (en années). La courbe en trait plein concerne les individus de taille supérieure à 2 m, la courbe en pointillés concerne tous les individus, quelle que soit leur taille.

FIG. 12. — Indice de Shannon en fonction du temps (en années). Courbe en trait plein = individus de taille inférieure ou égale à 2 m, courbe en pointillés = tous les individus pris en considération.

FIG. 13. — Indice de diversité, tous les individus étant pris en considération. Courbe en trait plein = indice de Shannon (échelle de gauche); courbe en tirets = indice de Simpson (échelle de droite).

FIG. 14. — Équivalence selon Shannon, en fonction du temps (en années). La courbe a correspond à son évolution pour les individus de taille supérieure à 2 m, la courbe b à son évolution pour les autres individus. Le cercle (à 150 ans) indique la valeur de cet indice pour les émergents seuls (DBH supérieure à 60 cm). Il s'agit des individus décomposés sur 288 ha par le CTFT en 1954-1957.

FIG. 15. — Équivalence calculée pour l'ensemble des individus quelle que soit leur taille, en fonction du temps en années. Courbe en trait plein = équivalence selon Simpson (échelle de gauche); courbe en tirets = équivalence selon Shannon (échelle de droite).

FIG. 16. — Indice de Shannon en fonction du nombre d'espèces, pour les individus de taille supérieure à 2 m. La courbe résulte d'un lissage par la méthode des moindres carrés (voir le texte).

- les thérophytes, correspondant aux espèces annuelles.

Il est à noter que la catégorie des épiphytes n'a pas pu être étudiée sur nos parcelles. Les observations ponctuelles que nous y avons faites ont montré leur étonnante rareté pour une forêt de brumes très fréquentes; sur une surface de 250 m² il ne semble pas en exister plus d'une dizaine d'individus, au maximum, et quel que soit l'âge de la parcelle. Une étude spéciale y sera consacrée.

Ces différentes catégories ont été rapportées en pourcentage à l'effectif total de chaque parcelle, en nombre d'individus (Fig. 6).

On note immédiatement le comportement complémentaire entre phanérophyles (inclus ou non les lianes) et l'ensemble des hémicryptophytes et des géophytes. Il existe deux périodes, au cours de la reconstitution, où les bourgeons sont en majorité proches du sol, celle entre 0 et 4 ans et celle entre 15 et 70 ans. Au contraire, entre 4 et 15 ans et après 70 ans, les formes phanérophyles sont les plus abondantes. L'ensemble des méso- et des mégaphanérophyles n'apparaît qu'après 15 ans et reste sensiblement constant en pourcentage après 50 ans.

Nous sommes, sur ce critère, conduits à envisager l'existence d'une période particulière intercalée dans la séquence de reconstitution, entre 10 et 60 ans environ (Fig. 6). Cette reconstitution ne suivrait pas, contrairement à ce que l'on pense souvent, des processus graduels et réguliers se traduisant par une linéarité des courbes représentant les descripteurs structuraux.

□ La taille des composants de la phytocénose :

Le paragraphe précédent traite d'une certaine façon de la taille des végétaux de l'écosystème, mais on peut l'envisager autrement, on peut étudier le pourcentage d'individus de taille supérieure à 2 m par rapport aux autres individus. Cette limite a été choisie car elle correspond à la limite inférieure de taille souvent adoptée dans la description des phytocénoses, et notamment dans les deux seuls termes de comparaison dont nous disposons en Afrique, les travaux de DE NAMUR (1978) à Taï, et ceux de DEVINEAU (1984) à Lamto et à Ouango-Fitini. On constate, là encore, l'existence d'une période intermédiaire entre 7 et 50 ans où les individus de faible taille sont très fréquents (Fig. 8). Ce rapport tend vers 1, c'est-à-dire vers l'égalité numérique entre individus appartenant à ces deux catégories vers 150 ans, stade le plus âgé que nous ayons étudié.

On voit ainsi qu'en raisonnant en termes d'individus (Fig. 8) on obtient des conclusions non identiques à celles que l'on a en raisonnant en nombre d'espèces (Fig. 3). Dans ce dernier cas, aucune période intermédiaire ne peut être mise en évidence, la courbe représentative étant monotone, comme nous avons vu plus haut. Autrement dit, les renseignements fournis par une étude ne considérant que les seules espèces ne suffisent pas à décrire complètement l'évolution lors de la reconstitution de la forêt.

□ Les groupes écologiques :

L'examen du tableau général des relevés ayant en abscisses les différentes parcelles et en ordonnées les différentes espèces, chaque case indiquant l'effectif de l'espèce considérée au stade envisagé, nous a conduit à répartir la plupart des espèces, autres que les accidentelles d'effectifs très réduits, en plusieurs groupes écologiques. Nous désignons par là des ensembles d'espèces à comportement analogue au cours de la reconstitution de la forêt yombe; ils sont liés à l'état de maturation de la série de reconstitution. Nous pouvons y

reconnaître 3 groupes principaux, divisibles en sous-groupes :

— groupe I, des espèces pionnières, comprenant les sous-groupes I_A des espèces colonisant le sol nu et le sous-groupe I_B des espèces n'apparaissant qu'après une certaine période de latence (germination lente ou besoin de l'abri des espèces de I_A);

— groupe II, d'espèces polyvalentes présentes du début à la fin de la séquence observée, c'est-à-dire à très large valence écologique;

— groupe III, des espèces tardives, où on peut reconnaître les sous-groupes III_A des espèces abondantes entre 50 et 70 ans puis s'éteignant, III_B présentes dès 50 ans et persistant jusqu'à 150 ans, terme de nos observations, et III_C ne se manifestant vraiment qu'à la fin de la séquence de reconstitution.

Les pourcentages en effectifs calculés par rapport au nombre total des espèces non accidentelles sont représentés Fig. 4 et 5. On voit la disparition à partir de 50 ans du groupe I, la quasi-constance du pourcentage du groupe II tout au long de la reconstitution, et après une chute initiale due à la disparition de germinations qui ne parviennent pas à s'établir en milieu ouvert, une montée progressive du pourcentage du groupe III (inclus ou non le sous-groupe III_A) qui se stabilise à partir de 50 ans environ.

On peut examiner la même question en faisant appel non plus au nombre d'espèces seul, mais en tenant compte de l'effectif de chacune de ces espèces (Fig. 9 et 10). Si l'on retrouve sensiblement les mêmes résultats que précédemment pour les groupes I et III, le comportement du groupe II diffère nettement : au lieu de rester à peu près constant en pourcentage, il prend une importance inattendue entre 15 et 50 ans (Fig. 10 à comparer avec la Fig. 5).

Comme pour le cas précédent une étude tenant compte des effectifs spécifiques nous montre un phénomène non apparent en s'en tenant à un critère présence-absence des espèces.

□ Les indices de diversité spécifique :

Un des descripteurs écologiques les plus utilisés actuellement est l'indice de SHANNON. Son évolution pendant la reconstitution de la forêt yombe (Fig. 13), parallèle à celle de l'indice de SIMPSON, fournit une courbe bimodale nette, avec deux maxima à 7 ans et en fin de séquence. Le même indice, calculé en ne prenant en compte que les individus de taille supérieure à 2 m (Fig. 11) ou de taille inférieure ou égale à 2 m (Fig. 12), nous permet de préciser les modalités de cette reconstitution. On constate que pour les individus de taille supérieure à 2 m (les seuls dénombrés par DE NAMUR et DEVINEAU) l'indice de SHANNON est pratiquement constant à partir de 15 ans. Au contraire, pour les individus de faible taille, l'indice de SHANNON décroît fortement entre 7-15 ans et 70 ans, caractéristique que nous avons déjà notée pour l'ensemble des individus. En se reportant à la Fig. 8 qui indique l'évolution du quotient individus supérieurs à 2 m/individus plus petits, on voit que la diversité entre 15 et 70 ans ne dépend pratiquement que des individus de faible taille, de loin les plus abondants pendant cette période.

□ Les indices d'équité :

Les indices globaux d'équité, qu'ils soient calculés selon SHANNON ou selon SIMPSON (Fig. 15) ont une évolution fortement bimodale, avec une décroissance entre 7 et 50 ans, puis une stabilisation après 70 ans, ou même une diminution, probablement due à l'arrivée dans la phytocénose d'espèces d'effectif très faible. Si l'on envisage séparément

TABLEAU II

Groupe écologique I :

Sous-groupe IA :

Alchornea cordifolia Müll.-Arg.
Centotheca lappacea Desv.
Dinophora spenneroides Benth
Harungana madagascariensis Lam.
Isachne bulmeri Hack.
Macaranga spinosa Mull.-Arg.

Mikania cordata Robinson
Selaginella myosurus Alston
Solanum torvum S.W.
Trema guineensis Ficalho
Vernonia cf. *conferta* Benth

Sous-groupe IB :

Ageratum conyzoides L.
Anihocleista nobilis G. Don
Borreria chaetocephala Hepper
Bridelia grandis Pierre
Desmodium adscendens DC.
Dichaetanthera strigosa J.-Fel.
Emilia coccinea G Don
Erigeron floribundus Sch.-bip.
Fagara macrophylla Engl.

Lygodium microphyllum R.Br.
Lygodium smithianum Presl
Macaranga monandra Mull.-Arg.
Megastachya mucronata P.B.
Musanga cecropioides R.Br.
Paspalum conjugatum 3erg
Putyrogramma calomelanos Link
Pseudosabicea mitsisphaera N. Hallé
Psychotria sp

Groupe écologique II :

Aframomum giganteum K. Schum.
Crenitis protensa Ching
Culcasia mannii Engl.
Dialium corbieri De Wild.
Nuclea diderrichii Merrill
Pauridiantha callicarpoides Brem.
Pauridiantha mayumbensis Brem

Pentaclethra macrophylla Benth.
Porterandia cladantha Keay
Rauvolfia obscura K. Schum.
Terracera potatoria Afzel.
Uyaria comperei Le Thomas
Xylopia aethiopica A. Rich.

Groupe écologique III :

Sous-groupe IIIA :

Agelaea dewevrei De Wild. et Dur.
Anisophyllea purpurascens Hutch.
Carapa procera DC.
Coelocaryon preussii Warb.
Daniella pynaertii De Wild.
Gambeya sp
Rhectiophyllum mirabile N.E. Br.

Rothmannia talbotii Keay
Salacia sp
Santiria trimera Aubr.
Sarcophrynium schweinfurthianum Milne Redh.
Scorodophloeus zenkeri Harms
Treculia acuminata Baillon
Yaoundea sp.

Sous-groupe IIIB :

Alchornea floribunda Mull.-Arg.
Cola digitata Mast.
Dichapetalum hispidum Baillon
Diospiros fragrans Gürke
Garcinia epunctata Stapf
Memecylon cf. *guineense* Keay
Piptadenastrum africanum Brenan
Plagiostyles africana Prain

Pleiocarpa mutica Benth.
Pycnanthus angolensis Warb.
Sirombosia grandifolia Hook. f.
Styrcnos icaja Baillon
Treculia obovoides N.E. Br.
Trichilia heudelotii Planch.
Trichosecypha acuminata Engl
Trichosecypha cf. *ferruginea* Engl.

Sous-groupe IIIC :

Aniba micrantha-F. White
Blighia wildemaniana Gilg
Brazzeia congenensis Baillon
Campylospermum sp.
Cephaelis peduncularis Salisb
Chaetocarpus africanus Pax
Dacryodes sp.
Dialium gossweileri Bak
Dialium pachyphyllum Harms
Donella welwitschii Pierre

Enanthis chlorantha Oliv.
Eremospatha cabrae De Wild.
Gilletiodendron kisantuense J. Léon.
Grewia coriacea Mast.
Lingelsheimia cf. *gulgiana* Hutch.
Oxyanthus schumannianus De Wild. et Dur.
Paropsia grewioides Welw.
Polyalthia suaveolens Engl. et Diels
Xylopia hypolampra Mildbr
Apocynaceae n°36

ment le comportement pour l'équitabilité des végétaux de taille supérieure à 2 m et des autres (Fig. 14), on constate 3 périodes au cours de la reconstitution :

- avant 15 ans, les indices d'équitabilité des «grands arbres» et des plantes de faible taille se comportent de façons opposés, l'un montant quand l'autre descend. Ce phénomène est identique à ce qui a été observé dans les forêts du Wisconsin par LOUCKS (1970) entre ses catégories des «seedlings» et des «trees», recoupant à peu près les nôtres ;

- entre 15 et 50 ans, les courbes respectives sont grossièrement parallèles, mais à des valeurs bien différentes, l'équitabilité selon SHANNON étant pratiquement la moitié pour les plantes inférieures ou égales à 2 m de ce qu'elle est pour les espèces de plus forte taille ;

- après 70 ans, il y a homogénéisation des indices d'équitabilité qui convergent vers une valeur de l'ordre de 0,85. Nous avons indiqué sur la même Fig. 14, par un cercle à 150 ans, la valeur de l'équitabilité calculée pour les seuls arbres de DBH supérieur à 60 cm, d'après les relevés effectués en 1954-1957 par le CTFI dans la région de Dimonika (non publiés). On voit que pour ces grands arbres, de taille supérieure à 25 m, l'équitabilité à 150 ans est très voisine de celle pour les végétaux de taille inférieure à 2 m. Au stade mûr de la phytocénose la hiérarchie à l'intérieur de chaque strate tend donc à être identique

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Cette étude concerne une succession végétale secondaire après abandon de culture, avec une approche indirecte ou synchrone. Il nous semble cependant, étant données les précautions prises (uniformité des facteurs édaphologiques, même perturbation initiale, cessation de l'action anthropique après abandon) que les données recueillies peuvent être considérées comme représentant effectivement des stades de reconstitution de la forêt du Mayombe.

Le point le plus important est la mise en évidence de 3 périodes successives lors de cette reconstitution :

- **Dans un premier temps**, après un stade très bref de sol nu, et l'échec de la tentative d'implantation des espèces du groupe III (Fig. 4), on assiste à l'établissement d'un premier groupement, essentiellement héliophile, mais comprenant aussi un lot d'espèces «indifférentes» du groupe II. Cette période dure environ 10 à 15 ans, ce qui est moins long que la durée de vie de ses plus grandes espèces (parosiers, *Harungana madagascariensis*, *Macaranga*). Physiologiquement, il s'agit d'un fourré dense, de nombreux individus serrés les uns contre les autres.

Pendant cette période, la phytocénose montre une certaine évolution :

- diminution spectaculaire de la densité à l'hectare, en individus de toutes tailles,
- augmentation du pourcentage d'individus à bourgeons à plus de 0,80 m du sol, et diminution corrélative du pourcentage des Hémicryptophytes et des Géophytes,
- augmentation de la diversité (indices de SHANNON et de SIMPSON) et de l'équitabilité.

- **Dans une seconde période**, de 3 à 4 décennies, l'aspect est toujours celui d'un fourré, mais moins dense et à plus fort pourcentage d'individus ne dépassant pas 2 m (Fig. 8). Elle se caractérise par des hiérarchies nettement différentes en ce qui concerne d'une part les individus de taille supérieure à 2 m, provenant souvent, mais pas toujours, d'individus déjà pré-

sents dans la première période, et d'autre part les plantes de faible taille dont la diversité est beaucoup plus basse. Ceci correspond à une dominance plus forte de certaines espèces.

Son évolution est bien différente de celle de la première période, et c'est ce qui la caractérise le mieux ; on assiste à :

- une inversion brutale de l'importance relative des Phanérophytes *sensu lato* et des formes biologiques dont les bourgeons sont proches du sol,

- un comportement particulier des divers groupes écologiques. Alors que le pourcentage (en nombre d'espèces) des espèces du groupe II, à large amplitude écologique, reste constant, il augmente considérablement, de façon temporaire, en nombre d'individus.

- une diminution nette des indices globaux de structure (diversité et équitabilité). Ces indices, calculés pour les individus de taille supérieure à 2 m, ou de taille inférieure ou égale à 2 m, évoluent différemment. Pour les «grands» individus, la diversité est pratiquement constante et identique à ce qu'elle sera dans la troisième période. Au contraire, pour ceux de faible taille, il y a une chute nette de la diversité (indices de SHANNON et équitabilité)

Nous sommes donc amenés à envisager l'existence d'une véritable crise de croissance pendant la reconstitution de la forêt yombe. Il ne s'agit pas d'assimiler sans réserves cette période à la crise de croissance d'un organisme, selon la théorie clementsienne, mais de marquer l'importance d'une période intercalée dans la séquence de reconstitution et dont témoignent les évolutions des descripteurs structuraux.

- **La troisième période**, qui s'instaure vers 50-70 ans, arrive à une stabilité certaine (dans le sens où les indicateurs structuraux deviennent constants) et nous semble pouvoir durer jusqu'à ce qu'un événement allogène ne l'interrompe, tel que chablis ou défrichement par l'homme. Pendant cette période, il est particulièrement malaisé de distinguer ce que l'on appelle classiquement «forêt primaire» et «forêt secondaire». A partir des descripteurs employés, il nous semble mieux d'abandonner pour la forêt yombe, ces notions, et de reconnaître, comme KAHN (1982) l'a fait pour la forêt de Tai, une forêt préclimacique et une forêt climacique.

Nous pensons que le meilleur critère pour séparer des types très voisins et se fondant l'un dans l'autre serait de reconnaître l'apparition d'un renouvellement cyclique des espèces du sous-bois, la composition spécifique restant pratiquement inchangée, plutôt qu'une modification de cette composition spécifique, qui est très lente à Dimonika (seul en témoigne un enrichissement progressif en espèces du sous-groupe III(c)). Il est, cependant, évident que seule une étude quantitative détaillée peut montrer ce phénomène, et qu'il n'y a pas la possibilité, sur la seule base d'observations phytosociologiques, de séparer forêts «primaire» et «secondaire», dans la forêt yombe tout au moins.

Pendant cette troisième période :

- les pourcentages (en individus) des diverses formes biologiques restent sensiblement constants,

- les divers indices structuraux sont eux aussi à peu près constants après 70 ans,

- par contre, il y a enrichissement progressif en individus de taille supérieure à 2 m, et en individus de taille supérieure à 8 m, qui existaient déjà dans les stades antérieurs, sans y avoir pris toute leur ampleur. Celle-ci ne sera atteinte qu'après une très longue période, peut-être de l'ordre de 2 à 3 siècles pour les plus grandes espèces, à croissance très lente, et si l'on considère que c'est la fin de la croissance de ces essences qui marque le terme de la reconstitution de la forêt, on sera amené à lui attribuer une durée plus longue que celle reconnue ici, d'après les descripteurs structuraux.

Cette étude nous conduit donc à mettre en doute l'existence d'une coupure majeure entre forêts «primaire» et «secondaire», ce qui se traduit dans le vocabulaire classique employé, mais à reconnaître une phase critique, entre fourré arbusif et forêt «secondaire». Cette conception est en accord avec d'autres observations. WILLIAMS *et alii* (1969) ont également mis en évidence dans une «complex rain forest» australienne une baisse importante de la diversité vers la 6^e année de reconstitution. Les courbes d'évolution de l'équabilité et de l'indice de SIMPSON que nous a fournies la forêt yombe sont pratiquement identiques, quand on démontre toutes les espèces, à celles données par REINERS et coll. (1971), dans un milieu bien différent puisqu'à Glacier Bay, en Alaska (leurs Fig. 5A et C), mais à une échelle de temps nettement plus courte. La valeur la plus faible de ces indices se trouve vers 50 ans à Glacier Bay contre 70 ou 15 ans au Congo, ce qui correspond probablement au plus fort dynamisme de la végétation tropicale. LOUCKS (1970), dans une forêt du Wisconsin, présente des résultats analogues ; cependant ses données reposent «from the evidence here and our knowledge of processes in the deciduous forests», ce qui laisse une certaine part à la subjectivité.

Ces constatations peuvent être rapprochées des vues théoriques de WILSON (1969) qui reconnaît 4 phases successives

— une première où les populations n'ont pas des densités suffisantes pour que les interactions compétitives entraînent des disparitions d'espèces ;

— une deuxième, d'équilibre interactif, où l'exclusion compétitive peut jouer et où le peuplement se structure ;

— une troisième, d'équilibre de réassortiment, pendant laquelle une «meilleure adaptation au milieu» entraîne un changement de la composition spécifique ;

— une quatrième où il y a adaptation génétique des espèces.

Nos observations dans la forêt yombe peuvent être interprétées dans cette optique. La première phase, où s'établissent les ubiquistes culturales, est certainement très courte, si même elle existe. Quinze jours après l'essartage, les *Cenotheca lappacea*, *Solanum torum* et *Selaginella myosurus* existent déjà en quantité. Dans un deuxième stade, la densité est très élevée et il y a certainement une forte compétition entre individus. Mais la considération des seules espèces est insuffisante pour expliquer et même décrire la reconstitution. De plus, la structuration du peuplement n'est pas achevée avant plusieurs décennies et elle est en grande partie simultanée avec la phase «d'équilibre de réassortiment». On pourrait même admettre que la structuration de la forêt se poursuit pendant la phase climacique, où les grands arbres héliophiles continuent leur croissance, alors que la composition spécifique ne se modifie que très peu. Quant à la 4^e phase de WILSON, bien que nous ne l'ayons pas étudiée, elle nous semble vraisemblable dans la forêt yombe. En effet, les genres *Strombosia* et *Dacryodes* y sont représentés par des espèces morphologiquement très voisines, différenciables systématiquement sur des caractères minimes (formes des poils,...), mais à stratégies de croissance nettement différentes. On pourrait y voir une très fine adaptation génétique aux subtiles niches écologiques de la forêt tropicale.

Restent à voir les conséquences pratiques de ce qui précède. L'existence d'une phase critique est de grande importance. En effet, il existe au sein de la forêt yombe des territoires à développement bloqué, analogues aux parcelles à *Myrianthus* et à *Trachypyrrhnum braumanum* de Tai, mais caractérisés surtout par l'abondance de *Pteridium aquilinum*. Ces brousses à *Pteridium* ont un coefficient de similarité (selon KULCZYNSKI, 1928) égal à 62 et à 42 avec les parcelles 3 et 5, de 4 et 15 ans. Il s'agit d'une véritable régression

due, contrairement aux habitudes des cultivateurs yombe, à la réutilisation de parcelles déjà mises en culture précédemment, par différenciation du fourré de seconde période, à la mort des parasolaires. Ce réemploi trop hâtif, outre qu'il ne permet que des cultures extrêmement médiocres, car rapidement envahies par les espèces de la brousse à *Pteridium*, a pour effet de stériliser les terres, essentiellement à cause de la très toxéoxe des *Pteridium* (GLIESSMAN, 1976)

Une fois encore, le système traditionnel de culture, tel qu'établi par les Bayombe, et reposant sur une très longue observation du milieu, est certainement le plus adapté à cette dition. Des modifications «modernes» de ces pratiques agricoles, reposant sur l'espoir d'un plus grand rendement à l'hectare par réutilisation rapide des terres n'iraient pas sans s'accompagner de risques considérables de stérilisation des sols, phénomène que l'on peut déjà noter aux environs immédiats de M'Vouti.

BIBLIOGRAPHIE

- CUSSET (G.), 1981. — Étude phytocologique préliminaire de la forêt yombe. *Ann. Univ. Brazzaville* (sous presse)
- DEVINEAU (J.L.), 1984. — Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'Ouest africain (Côte d'Ivoire), *Thèse d'État* (Paris), 294 p.
- GLIESSMAN (S.R.), 1976. — Allelopathy in a broad spectrum of environments as illustrated by bracken, *Bot. J. Linn. Soc.*, 73 : 95-104
- HALL (J.B.) et SWAINE (M.D.), 1981. — *Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest. Forest vegetation in Ghana*, Junk, The Hague.
- JAMET (R.), 1979. — Étude pédologique des environs de Dimonika, *Publ. ORSTOM* n°178 bis, 75 p.
- KAHN (F.), 1982. — La reconstitution de la forêt tropicale humide : Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Mémoires ORSTOM* n°97, 150 p.
- KLLKZYNSKI (S.), 1928. — Die Pflanzenassoziationen der Preimen, *Bull. int. Acad. polonaise des Sciences, Classe Sci. math. et nat., série B*, Suppl. II : 57-203.
- LEPART (J.) et ESCARRE (J.), 1983. — La succession végétale, mécanismes et modèles. analyse bibliographique, *Bull. Ecol.*, 14 : 133-178.
- LOUCKS (O.L.), 1970. — Evolution of diversity, efficiency and community stability, *Amer. Zool.*, 10 : 17-25.
- MONK (C.D.), 1967. — Tree species diversity in the eastern deciduous forest with particular reference to North Central Florida, *Amer. Natur.*, 101 (918) : 173-187
- MOU ISAMBOLE (J.M.), 1985. — La reconstitution de la forêt yombe, *Thèse 3e cycle*, Bordeaux, 301 p.
- MULLENDERS (W.), 1954. — La végétation de Kaniama, *Thèse Doctorat*, Louvain, 499 p.
- NAMUR (C.de), 1978. — Quelques caractéristiques du développement d'un peuplement ligneux au cours d'une succession secondaire *Cah. Orstom, Série Biologie*, 13 : 211-221.
- PERREAU (J.), 1983. — La reconstitution de la forêt yombe, *Thèse 3e cycle*, Paris, 114 p.
- REINERS (W.A.), WORLEY (I.A.) & LAWRENCE (D.B.), 1971. — Plant diversity in a chronosequence at Glacier Bay (Alaska), *Ecology*, 52 : 55-69
- VENNETIER (P.), 1968. — Pointe-Noire et la façade maritime du Congo-Brazzaville, *Mémoires ORSTOM* n°26, 458 p.
- WEBB (L.J.), TRACEY (J.G.) & WILLIAMS (W.T.), 1972. — Regeneration and pattern in the subtropical rain forest, *J. Ecol.*, 60 (3) : 675-695.

WILLIAMS (W.T.), LANCE (G.N.), TRACEY (J.G.), WEBB (L.J.) & DALE (M.B.), 1969. — Studies in the numerical analysis of complex rain-forest communities — III — the analysis of successional data. *J. Ecol.*, 57 : 515-535

WILSON (E.O.), 1969. — The species equilibrium, *Brookhaven Symp., Biol.*, 22 : 38-47.

COMPÉTITION INTERSPÉCIFIQUE ENTRE LES STADES PRÉIMAGINAUX DE QUELQUES ESPÈCES DE SIMULIES OUEST-AFRICAINES

par J.M. ELOUARD et F.M. GIBON

ORSTOM, 24 rue Bayard - 75008 PARIS - France

MOTS-CLÉS : Simulies - Larves - Compétition - Rheopréférendum - Côte d'Ivoire.

KEY-WORDS : Simulium - Larvae - Competition - Rheopreference - Ivory coast.

RÉSUMÉ

Les auteurs étudient la compétition interspécifique qui s'exerce entre les larves de quatre espèces de Simulies peuplant une rivière d'Afrique de l'Ouest : la Maraoué (Côte d'Ivoire). La saison de développement larvaire et le courant sont les deux facteurs principaux qui séparent les niches des espèces. Toutefois pour certaines espèces, les rheopréférendums sont les mêmes. Il y a alors exclusion, des substrats vus des biefs, des espèces les plus petites par les espèces les plus grandes. Ce schéma de base est modifié par le traitement hebdomadaire des rivières du témoins, dans le cadre du programme de Lutte contre l'Onchocercose.

SUMMARY

The authors study the interspecific competition which exerts itself between the larvae of four Simulium species breeding in a ouest-African river - the Maraoué. The larval development period and the current velocity are the two main factors which separate the species niches. Hence, some species have the same rheopreference. In this case the strongest species exclude from the breeding site the smallest ones, but this basic model is altered by the weekly treatments of the rivers with the témoin sprayed by the Onchocerciasis Control Programme.

I — INTRODUCTION

Les larves de Simulies sont détritivores et filtrent les particules en suspension dans l'eau au moyen de leurs éventails prémandibulaires. Du fait de leur mode de vie fixé et de leur comportement passif d'alimentation, elles sont largement tributaires de la vitesse du courant et de la quantité de matière nutritive charriée par celui-ci. Ces deux facteurs écologiques interviennent pour une grande part dans la répartition des larves des différentes espèces. Malgré ces contraintes, sur les grandes rivières d'Afrique de l'Ouest, elles colonisent préférentiellement les substrats flottants immergés dans les eaux courantes.

Quatre espèces de Simulies sont sympatriques sur les biefs de la basse Maraoué (affluent du Bandama, Côte d'Ivoire). Il s'agit de *Simulium andersi* Pomeroy 1922, *S. tridens* Freeman & de Meillon 1953, *S. unicornutum* Pomeroy 1920 et de membres du complexe *S. damnosum* Theobald 1903 (*S. sirbanum* Vajime & Dunbar 1975, *S. damnosum* s.s. Theobald 1903, *S. sanctipauli* Vajime & Dunbar 1975, et *S. soubrense* Vajime & Dunbar 1975). Nous avons assimilé les membres du complexe à une espèce vu l'impossibilité de séparer morphologiquement les larves du complexe *S. damnosum*.

La coexistence sur un même bief de ces espèces aux écologies semblables met en défaut le principe d'exclusion compétitive énoncé par HARDIN (1960) : «deux ou plusieurs espèces présentant des modes d'utilisation des ressources identiques ne peuvent continuer de coexister dans un environnement stable, la plus apte éliminant les autres».

Selon ce principe, ces quatre espèces de Simulies n'occupent pas tout à fait la même niche (au sens de l'hypervolume d'HUTCHINSON, 1978), ou si elles l'occupent, leur apparition sur les biefs n'est pas synchronique. Nous allons donc déterminer quels sont les facteurs du milieu qui séparent les niches de ces espèces.

Nous devons mentionner que cette rivière a été traitée avec différents insecticides antismulidiens durant plusieurs années dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose. Les épandages répétés de témoins, de chlorophoxime (insecticides organophosphorés) et de Tecknar R (*Bacillus thuringiensis israelensis* sérotype H 14) ont éliminé des biefs *Simulium damnosum* s.l. le vecteur de l'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest. Ces épandages hebdomadaires ont également modifié la distribution des autres Simulies, fournissant ainsi de précieuses indications sur la compétition qui existait entre ces espèces durant la période précédant les traitements.

II — DONNÉES RÉCOLTÉES AVANT LES TRAITEMENTS

II.1. Occurrence saisonnière des espèces

Si les quatre espèces de Simulies précédemment citées sont sympatriques, elles ne sont cependant pas toutes présentes sur les biefs de la basse Maraoué aux mêmes saisons. En effet :

— *S. unicornutum* n'apparaît que durant la période des hautes eaux c'est-à-dire durant les mois de septembre, octo-

bre et novembre.

— *S. adersi* est une espèce typique de la saison sèche c'est-à-dire des mois de janvier à juin.

— *S. tridens* est présente de septembre à février.

— enfin, les espèces du complexe *S. damnosum* sont présentes toute l'année. Dans ce complexe, les espèces *S. damnosum s.l.* et *S. sirbanum* constituent la majeure partie des larves rencontrées durant la saison sèche, tandis que la paire *S. soubrense* et *S. sanctipauli* domine en saison des pluies.

De l'examen de ces occurrences saisonnières, il apparaît que :

— *S. damnosum s.l.*, en étant présente toute l'année, est en compétition avec toutes les autres espèces de Simulies.

— *S. damnosum s.l.*, *S. unicorcutum* et *S. tridens* sont sympatriques en saison des pluies.

— *S. damnosum s.l.*, *S. tridens* et *S. adersi* sont sympatriques durant la saison sèche.

La saison hydrologique différencie donc les niches des espèces de Simulies présentes sur la basse Maraoué, partiellement en ce qui concerne *S. unicorcutum* et *S. tridens* et *S. adersi*, totalement pour *S. adersi* et *S. unicorcutum*. Ces deux espèces n'étaient quasiment jamais présentes en même temps sur un bief.

II.2. Distribution par rapport au courant

La distribution par rapport au courant a été mise en évidence lors de deux études de microrépartition des espèces sur les substrats artificiels flottants (substrats de type balai) (ELOUARD, 1983 ; ELOUARD sous presse 1 et 2). Ces deux expériences ont été menées en période de décrue sur un bief de la basse Maraoué. La première s'est déroulée en décembre 1978 alors que la rivière n'était pas traitée au tétrahydrofur, la seconde en 1979 après une période de 9 mois de traitements hebdomadaires.

2.1. *Simulium damnosum s.l.*

Les larves de cette espèce sont plutôt localisées dans les courants de 0,70 à 1,40 m/s avec une préférence pour les vitesses avoisinant 0,80 m/s. On peut toutefois noter la présence de quelques larves dans des courants presque nuls. La vitesse moyenne obtenue pour cette espèce, tous stades confondus est de 0,98 m/s, valeur qui s'intègre parfaitement dans les fourchettes avancées par différents auteurs pour ce complexe d'espèces (WANSON & HENRARD, 1944, 1945 ; WANSON, 1950 ; GRENIER & OVAZZA, 1951 ; RUZETTE, 1956 ; GRENIER *et al.*, 1960 ; BURTON & McRAE, 1965 ; LE BERRE, 1966 ; GRUNEWALD, 1976 ; ELSÉN, 1980).

Ce résultat brut est à nuancer si l'on tient compte du stade préimaginal (fig. 1a). Il apparaît alors que :

— les larves de stade L1 et L2 vivent dans des eaux plus rapides que les larves âgées ;

— les rhéopréféréments des larves âgées (larves des stades L3 et L7 et stade nymphal) sont par contre peu différents les uns des autres.

— les stades larvaires L1 et L2 possèdent des valences rhéophiliques faibles qui traduisent une distribution agrégative dans une gamme restreinte de vitesse de courant.

— les larves âgées possèdent, par contre, une valence rhé-

ophique nettement plus grande. Elles sont donc beaucoup moins inféodées à un courant donné que ne le sont les jeunes larves, ce qui explique leur plus grande dispersion dans les biefs.

2.2. *Simulium adersi*

Cette espèce quoique moins abondante que *S. damnosum s.l.* a été récoltée en grand nombre dans cette expérience de zonation de bief (4 354 larves).

Globalement *S. adersi* se distribue autour de la vitesse moyenne de 0,68 m/s, valeur plus faible que celle de 0,98 m/s obtenue pour *S. damnosum s.l.* Les larves âgées de *S. adersi* sont parfois rencontrées sur des substrats où la vitesse du courant atteint 1,20 m à 1,30 m/s (Fig. 1b).

L'étude plus fine de la distribution de cette Simule par rapport au courant, menée au niveau du stade préimaginal précise quelque peu ce schéma global. Nous devons d'abord remarquer que très peu de stades L1 et L2 ont été récoltés au cours de cette expérience. Nous n'avons trouvé aucune ponte de cette espèce, ponte en losange décrite par CRISP (1956) ou par BALAY (1964). Le type de substrat (balai) n'est donc pas propice à l'oviposition de cette espèce car les brindilles qui les composent, n'offrent aucune surface plane et flottent quasiment à la surface de l'eau. Or, d'après les observations de CRISP (1956) et de BALAY (1964) la ponte de *S. adersi* est étalée, (d'un diamètre légèrement inférieur à 1 cm) et déposée souvent à quelques centimètres sous la surface de l'eau. Il est donc probable que les pontes de cette espèce au cours de notre expérience, furent déposées sur les substrats herbacés que forment les *Chloris* bordant la rivière, comme nous l'avons souvent observé.

Chez *S. adersi* comme chez *S. damnosum s.l.*, le développement des tous premiers stades larvaires s'effectue sur l'emplacement de ponte, les larves ne migrant qu'à la fin du deuxième stade et au troisième stade (BALAY, 1964). Il est donc normal que très peu de larves L1 et L2 aient été trouvées sur les substrats de type balai.

L'histogramme de la distribution du stade L3 est très ramassé sur lui-même son mode étant à 0,45 m/s, c'est-à-dire en courant relativement faible, tandis que les nymphes ont une distribution beaucoup plus étendue avec un mode situé en courant moyen. La valence rhéophilique des jeunes stades est donc faible, traduisant une distribution agrégative qui s'oppose à la valence rhéophilique élevée des stades âgés.

2.3. *Simulium tridens*

La distribution des fréquences relatives de *S. tridens* en fonction des classes de courant est schématisée par la figure 1c. Aucun mode ne se distingue ce qui traduit une distribution relativement uniforme vis-à-vis du courant.

La vitesse moyenne de courant est de 0,64 m/s. Si l'on considère les stades préimaginaux séparément (nymphes, stades L2 à L7), il apparaît qu'il n'existe aucune différence notable dans leurs distributions, leurs valences rhéophiliques et leurs rhéopréféréments. Il faut en conclure que le courant n'est pas le facteur principal qui régit la distribution de *S. tridens* au cours de cette expérience.

L'écologie de ponte de cette espèce n'est pas connue, néanmoins, au vu des effectifs des stades L1 et L2 récoltés sur les balais, nous pensons que cette Simule, à l'instar de *S. adersi* ne pond pas sur les balais, mais préfère d'autres substrats. Il est également probable que les femelles ne pondent pas en gros agrégats, mais dispersent leurs pontes.

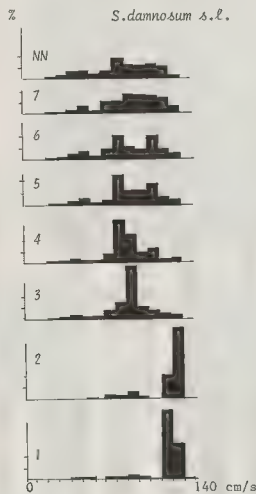


FIGURE 1a

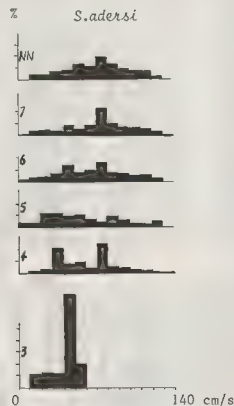


FIGURE 1b

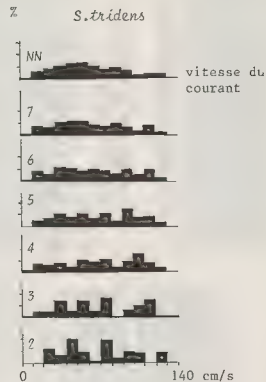


FIGURE 1c

Figure 1. Histogrammes de distribution des fréquences relatives des stades préimaginaux des Simulies en fonction des vitesses du courant (partitionnées de 10 en 10 cm/s).

1a : *S.damnorum s.l.* ; 1b : *S. adersi* ; 1c : *S. tridens*

II 3. Discussion

L'expérience réalisée en 1978 montre une influence nette du courant sur la distribution des larves de *S. damnosum* s.l., *S. adersi* et *S. tridens*; résultat confirmé par les observations faites sur d'autres espèces de cette famille (COLBO, 1979; COLBO & MOORHOUSE, 1979; CARLSSON, 1962; MAITLAND & PENY, 1967; PACAUD, 1942; PHILIPSON, 1957; STANAUS, 1913). D'une manière générale, les valences et les préférendums rhéophiliques sont des caractéristiques de l'espèce.

Ainsi, si l'on considère les espèces *S. damnosum* s.l. et *S. adersi*, il est évident que ces deux espèces n'occupent pas la même niche rhéologique. Il existe certes un recouvrement des valences rhéophiliques de ces deux espèces mais elles ont cependant des préférendums différents (0,98 m/s pour *S. damnosum* s.l., 0,68 m/s pour *S. adersi*). De plus, les distributions obtenues montrent que chacune des espèces est plus abondante dans la gamme des courants située autour de son préférendum. Il est très probable que les larves sont plus compétitives lorsqu'elles se tiennent dans leur courant optimum et peuvent de ce fait réduire les populations des autres espèces. Leur compétitivité décroît par contre au fur et à mesure qu'elles se trouvent dans des vitesses de courant éloignées de ce préférendum.

La séparation des niches de *S. damnosum* s.l. et de *S. adersi* est renforcée par les rhéopréférendums très différents et les valences rhéophiliques faibles de leurs jeunes stades. Rappelons que ceux de *S. damnosum* s.l. vivent en agrégats dans des courants élevés tandis que ceux de *S. adersi* sont localisés, également en agrégats, mais dans des courants lents. De ce fait, les jeunes larves de ces deux espèces sont rarement associées.

Cette séparation des niches des espèces simuliennes se retrouve également chez certaines espèces paléarctiques. Ainsi, RAZIZIN (1972) observe que leurs jeunes stades sont situés près des lieux de ponte, les stades d'âge moyen dans les courants les plus forts et le septième stade dans des courants plus faibles. COLBO (1979) note que la densité des larves de certaines espèces canadiennes est fonction du stade de la larve.

Le cas de *S. tridens* est plus complexe car si les larves âgées de cette espèce ont un préférendum caractéristique situé en courant faible, les jeunes stades semblent distribués de façon assez régulière par rapport au courant, sans préférendums marqués. Il se pourrait que cette Simule soit, pour une raison encore inconnue, moins compétitive que *S. damnosum* s.l. et *S. adersi* et ne puisse de ce fait coloniser que les substrats sur lesquels les densités de ces deux espèces sont faibles, c'est-à-dire les substrats sur lesquels la compétition pour l'espace disponible ne s'exerce pas.

III — DONNÉES RÉCOLTÉES APRÈS LES TRAITEMENTS

III.1. Occurrence saisonnière des espèces

Le traitement répété des rivières au téméphos entraîne nombre de modifications dans l'écologie et l'abondance des espèces. Ainsi du point de vue abondance, *S. adersi* s'est maintenue sur les biefs de la basse Maraoué durant les quatre premiers mois de traitement hebdomadaire au téméphos (mars, avril, mai et juin), puis comme chaque année, a disparu durant la saison des pluies. Elle n'est cependant jamais réapparue, ni durant la saison sèche de 1980 ni durant celle de

1981. Par contre l'espèce *S. schoutedeni* a fait son apparition et a été présente sur les biefs en 1979, 1980 et 1981 lors des décrues de la Maraoué.

Les effectifs de *S. damnosum* s.l. sont, quant à eux, extrêmement réduits; cette Simule étant décimée par le téméphos. Enfin, ceux de *S. tridens* et ceux de *S. unicornutum* paraissent se maintenir (ELOUARD, 1983).

III.2. Distribution par rapport au courant.

2.1. *Simulium damnosum* s.l.

Les effectifs présents sont trop faibles pour que l'on puisse établir les histogrammes de distribution stade par stade. Notons cependant que la distribution globale a un mode situé en courant plus élevé que celui observé avant les traitements. Ce fait est dû à une dominance des effectifs des jeunes stades par rapport aux stades âgés (Fig. 2a). Il est normal que peu de larves âgées soient récoltées; les traitements hebdomadaires au téméphos rompent le cycle de développement des larves avant qu'elles n'aient pu atteindre les stades âgés. La récolte des jeunes larves est due à des recolonisations à partir de pontes écloses entre deux épandages d'insecticide.

2.2. *Simulium schoutedeni*

Cette Simule était complètement absente des biefs de la basse Maraoué avant que ne débutent les traitements. Ces résultats sont confirmés par ceux de BELLEC (com. pers.) obtenus après étude des populations imaginaires.

Il faut remarquer que ce n'est que lorsque l'espèce *S. damnosum* s.l. a été complètement éliminée du bief que *S. schoutedeni* a pu s'y installer. Rappelons que la première espèce est sensible au téméphos tandis que la seconde ne l'est pratiquement pas aux doses employées dans le traitement des rivières (ELOUARD, 1983). Il semblerait donc que l'espèce *S. schoutedeni* ait remplacé en partie *S. damnosum* s.l. sur les gîtes. Cela n'est que partiellement exact, car s'il est vrai que les jeunes stades L1 et L2 de *S. schoutedeni* présentent une grande affinité pour les vitesses de courant relativement élevées, les stades âgés se cantonnent dans des courants plus lents que ceux préférés par les larves âgées de *S. damnosum* s.l. (Fig. 2c).

2.3. *Simulium tridens*

Sous traitement insecticide, les larves de *S. tridens* colonisent des courants plus élevés et si les jeunes larves présentent toujours une distribution non agrégative vis-à-vis du courant, sans préférendums marqués, les larves âgées présentent par contre une distribution plus agrégative centrée sur un mode situé entre 0,40 et 0,60 m/s (Fig. 2b) analogue à celui des larves âgées de *S. schoutedeni*.

La moindre compétitivité de *S. tridens* par rapport à *S. damnosum* s.l. et à *S. adersi* est donc confirmée. L'élimination totale de *S. adersi* et presque totale de *S. damnosum* s.l. a permis à *S. tridens* de se répartir dans les biefs selon ses préférences rhéophiliques. Cette Simule était donc avant le début des traitements en compétition avec les deux espèces précédentes. Elle n'est plus que partiellement en compétition avec *S. schoutedeni* lorsque la rivière est traitée au téméphos.

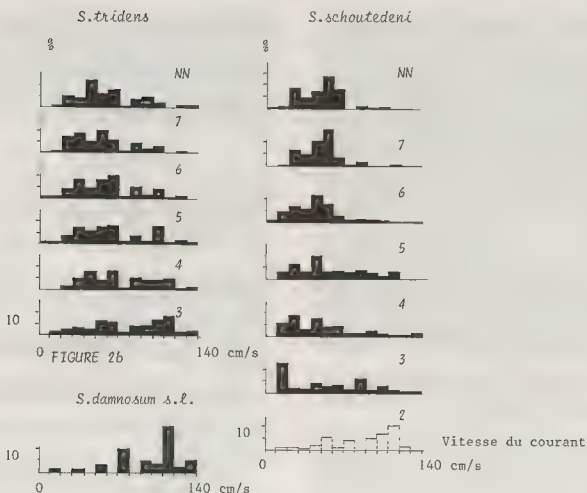


FIGURE 2a

FIGURE 2c

Figure 2. Histogrammes de distribution des fréquences relatives des stades préimaginaux des Simulies en fonction des vitesses du courant (partitionnées de 10 en 10 cm/s). 2a : *S. damnosum s.l.* ; 2b : *S. tridens* ; 2c : *S. schoutedeni*

IV — AUTRES OBSERVATIONS

Nous avons pu observer au début des traitements insecticides, une colonisation abondante, par les larves âgées de *S. adersi* de substrats immergés dans des courants de 1,00 à 1,30 m/s. Ces substrats étaient lors dépourvus de toute *S. damnosum s.l.* alors qu'ils étaient abondamment colonisés par cette espèce avant les traitements.

A partir de février 1982, le *Bacillus thuringiensis* sérotype H 14 a été employé à la place du téméphos dans le Programme de Lutte contre l'Onchocercose. La composition de la faune simulienne en saison sèche sur les biefs de la basse Maraoué était la suivante (TROUBAT *et al.*, 1982).

- *S. damnosum s.l.* absente ;
- *S. adersi* abondante ;
- *S. tridens* peu abondante ;
- *S. schoutedeni* absente

Il apparaît donc que malgré l'absence de *S. damnosum s.l.*, la prolifération de *S. adersi* limite le développement de *S. tridens* sur les biefs de la basse Maraoué et que ces deux espèces empêchent totalement l'installation de *S. schoutedeni* sur ces biefs.

V — CONCLUSION

De l'ensemble des résultats précédemment exposés, il apparaît que cinq espèces de Simulies sont susceptibles de coloniser les substrats flottants des biefs lotiques de la basse Maraoué. Il s'agit de *S. damnosum s.l.*, *S. adersi*, *S. tridens*, *S. unicornutum* et *S. schoutedeni*. Les relations de compétition entre *S. unicornutum* et les autres espèces n'ont pas été étudiées puisque cette Simulie n'est présente qu'en saison des hautes eaux, période durant laquelle peu de travaux ont été réalisés. Pour les quatre autres espèces, nous pouvons globalement résumer l'ensemble des observations comme suit.

En période non traitée aux insecticides, deux espèces dominent de par leur abondance. Ce sont *S. damnosus* s.l. et *S. adersi*. Elles ont chacune un rhéopréférendum caractéristique, situé respectivement à 0,68 m/s et 0,98 m/s. L'isolement de ces deux espèces est très grand pour les jeunes stades et moindre pour les stades âgés. Les pontes de *S. damnosus* s.l. sont déposées en courant rapide (1,00 à 1,30 m/s) tandis que celles de *S. adersi* sont déposées en courant lent (0,40 m/s). Le recouvrement des distributions des stades âgés de ces deux espèces est dû, d'une part à leur gamme de tolérance étendue vis-à-vis du courant et d'autre part à leur densité plus faible du fait de leur dispersion dans les biefs et de la baisse d'abondance due à la mortalité.

L'augmentation des effectifs de *S. adersi* en courant élevé lors de la disparition de *S. damnosus* s.l. démontre que cette dernière espèce est plus compétitive et limite l'installation de *S. adersi*.

D'autre part, vu que les deux espèces *S. damnosus* s.l. et *S. adersi* occupent globalement toute la gamme des courants moyens et forts, elles limitent de ce fait l'installation de *S. tridens* et cantonnent les larves âgées de cette espèce aux courants faibles (0,40 m/s) ou aux substrats sur lesquels les deux premières espèces sont peu abondantes. Les observations faites pendant les traitements au téméphos confirment cette hypothèse ; en l'absence de *S. damnosus* s.l. et de *S. adersi*, *S. tridens* était plus abondante et présentait un rhéopréférendum plus marqué bien que toujours situé dans les courants de 0,40 à 0,50 m/s.

La présence de *S. damnosus* s.l. et de *S. adersi* empêche par contre totalement l'installation de *S. schoutedeni* ; cette Simulie ne colonisant les biefs que lorsque ces deux espèces ont été éliminées par le téméphos.

De ces résultats nous pouvons conclure qu'il existe une réelle compétition entre ces quatre espèces de Simulies au sens de la définition de BIRCH (1957) : « il y a compétition quand plusieurs organismes (de même espèce ou d'espèces différentes) utilisent des ressources communes présentes en quantité limitée ou, si ces ressources ne sont pas limitantes, quand, en les recherchant, les organismes en concurrence se nuisent ».

Vu le régime détritivore et le mode d'alimentation des Simulies et compte tenu de la charge en particules organiques en suspension dans les eaux de la basse Maraoué, il ne semble pas que la compétition entre les espèces soit d'ordre alimentaire mais plutôt d'ordre spatial. En effet, la plupart du temps, le nombre de substrats flottants disponible est assez réduit. Il s'ensuit une forte compétition pour l'espace disponible et seules les espèces les plus « fortes » peuvent s'installer.

Dans notre schéma de la Maraoué, *S. damnosus* s.l. est l'espèce la plus compétitive dans la gamme des courants forts et *S. adersi* l'espèce dominante dans les courants moyens. Cette dernière est pratiquement la seule à limiter les populations de *S. tridens* et *S. schoutedeni*. Résultat corroboré par les observations faites lorsque la rivière était traitée au B. I. H 14 : *S. damnosus* s.l. et *S. schoutedeni* étaient alors absentes des biefs, *S. tridens* était présente mais peu abondante.

La taille pourrait rendre compte, au moins partiellement, de cette différence de compétitivité entre les espèces de Simulies. *S. damnosus* s.l. est l'espèce la plus grande. *S. adersi* n'atteint que les 2/3 de la taille de cette espèce et *S. schoutedeni* la moitié. Il est alors normal, vu les préférences rhéologiques de cette dernière espèce, qu'elle ne puisse s'installer sur les substrats que lorsque *S. damnosus* s.l. et *S. adersi* sont absentes.

Par contre, la taille des larves ne permet pas de rendre compte des différences de compétitivité entre *S. adersi* et *S. tridens*, ces deux espèces étant sensiblement de même taille.

L'écologie de ponte des femelles ou la distribution en fonction du courant pourraient rendre compte de cette différence.

Le principe d'exclusion compétitive est donc confirmé entre les espèces du genre *Simulium* qui colonisent les biefs lotiques et la basse Maraoué. Lorsque les espèces ne s'occupent pas la même niche rhéologique, elles peuvent être sympatriques, tandis que lorsqu'elles ont les mêmes préférences rhéologiques, elles s'excluent ou limitent mutuellement leurs distributions ou encore sont présentes de façon asynchrones.

BIBLIOGRAPHIE

- BALAY (G.), 1964. — Rapport d'enquête entomologique dans les foyers d'onchocercose de l'ouest de la république du Niger. Doc. Ronéo. OCCGE. Centre Muraz, n°158/Oncho : 33 pp. Rapport final 8ème conférence technique OCCGE.
- BIRCH (L.C.), 1957. — The meaning of competition. *Amer. Nat.*, 91 : 5-18.
- BURTON (G.J.) & McRAE (T.M.), 1965. — Dam-spillway breeding of *Simulium damnosum* Theobald in northern Ghana. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, 59 (4) : 405-412.
- CARLSSON (G.), 1962. — Studies on scandinavian black flies. *Opusc. ent. Suppl.*, 21 : 1-280.
- COLBO (M.H.), 1979. — Distribution of winter-developing Simuliidae (Diptera) in eastern Newfoundland. *Can. J. Zool.*, 57 (11) : 2143-2152.
- COLBO (G.) & MOORHOUSE (D.E.), 1979. — The ecology of preimaginal *Simulid* (Diptera) in south-east Queensland, Australia. *Hydrobiologia*, 63 : 63-79.
- CRISP (G.), 1956. — *Simulium* and *onchocerciasis* in the northern territories of the Gold Coast. London, Lewis.
- DEJOUX (C.), ELOUARD (J.M.), FORGE (P.) & JESTIN (J.M.), 1981. — Mise en évidence de la microdistribution des Invertébrés dans les cours d'eau tropicaux. Incidence méthodologique pour la recherche d'une pollution à long terme par insecticide. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 14 (3) : 253-262.
- ELOUARD (J.M.), 1983. — Impact d'un insecticide organophosphoré (le téméphos) sur les entomocènes associées aux stades préimaginaux du complexe *Simulium damnosum* (Diptera : Simuliidae). Thèse Doctorat d'État. Université Paris XI, Centre d'Orsay : 576 pp.
- ELOUARD (J.M.), sous presse. — Une nouveau type de substrat artificiel de surface pour échantillonner la faune invertébrée lotique. *Rev. Hydrobiol. trop.*
- ELOUARD (J.M.), sous presse. — Rhéopréférendums des stades préimaginaux de quatre espèces de Simulies Ouest Africaines. Incidence des échantillonnages répétés de téméphos. 18 pp.
- ELSEN (P.), 1980. — Contribution à l'étude écologique des populations préimaginales du complexe *Simulium damnosum* Theobald, 1903, (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse Doctorat 3ème cycle. Univ. Paris Sud, Centre d'Orsay : 200 pp.
- GRENIER (P.), OVAZZA (M.) & VALADE (M.), 1960. — Note biologique et faunistique sur *S. damnosum* et les Simulies d'Afrique occidentale (Haute-Volta, Côte d'Ivoire, Dahomey, Soudan). *Bull. IFAN*, 22, A (3) : 892-918.
- GRENIER (P.) & OVAZZA (M.), 1951. — Simulies du moyen Congo. *Bull. Soc. Path. exot.*, 44 (3/4) : 222-234.
- GRUNEWALD (J.), 1976. — Hydrochemical and physical conditions of environment of immature stages of some species of *Simulium* (Edwardsellum) damnosum complex (Diptera). *Tropenmed. Parasitol.*, 27 : 438-454.
- HARDIN (G.), 1960. — The competitive exclusion principle. *Sciences*, 131 : 1291-1297.
- HUTCHINSON (G.E.), 1978. — An introduction to population ecology. Yale University Press.

- ILLIES (J.) & BOTASANEANU (L.), 1963. — Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique *Mitt. int. Verein. Theor. angew. Limnol.* 12 : 1-57.
- LAPCHIN (L.), 1977. — Microrépartition des Invertébrés benthiques dans les ruisseaux à Salmonidae de Bretagne. *Ann. Hydrobiol.* 8 (3) : 319-322.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae). *Mém. ORSTOM*, n°17 : 204 pp.
- LEWIS (D.J.), 1948. — The Simuliid of the anglo-egyptian Sudan *Trans. Ent. Soc. Lond.* 99 : 475-496.
- MAITLAND (P.S.) & PENNEY (M.M.), 1967. — The ecology of the Simuliidae in a Scottish river. *J. Anim. Ecol.* 36 : 179-206.
- PACAUD (A.), 1942. — Notes biologiques sur une station de *S. aureum* Fries, aux environs de Paris. *Bull. Biol.* 76 : 226-238.
- PHILIPPSON (J.), 1957. — The effect of the current speed on the distribution of the larvae of the blackflies *Simulium variegatum* (Mg.) and *Simulium monticola* Fried. (Diptera). *Bull. ent. Res.* 48 : 811-819.
- RAZIZIN (S.P.), 1972. — On the distribution and migration of the blackflies larvae (Diptera : Simuliidae) in Ilm river (Siberia). *XIII Int. Congr. Ent. Moscow, 2-9 August 1968, Proc.*, 3 : 232-233.
- ROSS (D.H.) & CRAIG (D.A.), 1979. — The seven larval instars of *Prosimulium mixtum* Syme and Davies and *P. fuscum* Syme and Davies (Diptera : Simuliidae). *Can. J. Zool.* 57 (2) : 290-300.
- RUZEITE (M.A.), 1956. — Rapport sur l'avancement des travaux de prospection et des études sur l'assainissement du site d'Inga Rapp. non publié.
- SACCHI (C.F.) & TESTARD (P.), 1971. — *Ecologie animale*. Doin, 480 pp.
- STANAUS (H.S.), 1913. — Pellagra in Nyassaland. *Trans. Soc. Trop. Med. Hyg.* 7 : 32-56.
- TROUBAT (J.J.) ; GIBON (F.M.), WONGBE (A.) & BITHOUM (M.), 1982. — Action du *Bacillus thuringiensis* Berliner H 14 sur les Invertébrés aquatiques II. Effet d'un épandage sur le cycle de dérive et les densités d'insectes benthiques. *Rapp. ORSTOM — Bouaké* n° 48, 17 pp.
- ULFSRTAND (S.), 1967. — Microdistribution of benthic species (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera : Simuliidae) in Lapland stream. *Oikos*, 18 : 293-310.
- WANSON (M.), 1950. — Contribution à l'étude de l'onchocercose africaine humaine (Problèmes de prophylaxie à Léopoldville). *Ann. Soc. Belge Med. Trop.* 30 : 667-863.
- WANSON (M.) & HENRARD (C.), 1944. — Les Simulies de Léopoldville : description d'espèces nouvelles *East Afric. Med. J.* 21 : 34-47.
- WANSON (M.) & HENRARD (C.), 1945. — Habitat et comportement larvaire de *Simulium damnosum* Theobald. *Recl. Trav. Sci. Méd. Congo Belge*, 4 : 122-138.
- WILLIAMS (D.D.) & HYNES (H.B.N.), 1976. — The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. *Freshwat. Biol.* 4 : 233-256.

•••Informations•••Informations•••Informations•••Informations

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR LANDSCAPE ECOLOGY (I.A.L.E.)

L'Association Internationale d'Ecologie du Paysage, fondée en 1982 au Congrès de PIESTARY, rassemble des scientifiques et des aménageurs. Elle a pour but de définir de nouveaux concepts permettant d'appréhender les phénomènes biologiques et écologiques au niveau d'un paysage. Un paysage se définit comme une mosaïque d'éléments en interaction, l'échelle de travail étant fonction du phénomène étudié. L'écologie du paysage s'attache à :

- définir et analyser les relations spatiales entre les éléments du paysage.
- étudier les flux d'énergie, d'éléments minéraux et d'organismes entre les différents éléments.

- analyser les transformations écologiques liées à la dynamique de la mosaïque du paysage

L'Association Internationale publie un bulletin qui rassemble les informations ayant rapport avec le développement de l'écologie du paysage dans le monde : ouvrages, colloques, actions particulières dans certains pays.

Elle organise aussi ses propres congrès ; le premier s'est tenu à ROSKILDE (Danemark) en octobre 1984. Le thème en était :

«Methodology in landscape ecological research and planning»

A l'issue de ce congrès où communications et tables rondes ont été nombreuses, un certain nombre de groupes de travail se sont formés sur les sujets suivants :

- Ecological infrastructure.
- Landscape ecological aspects of agroecosystems.
- Ecology of the Rhine catchment area.
- Coastal management
- Urban ecology.

Geographical information systems.

Certains pays, comme le CANADA ou la HOLLANDE, ont leur propre société d'écologie du paysage ; dans les autres, représentés au congrès de ROSKILDE, une ou deux personnes assurent le contact entre le secrétariat de I.A.L.E. et les personnes intéressées au niveau national. En France, ces personnes sont :

Henri DECAMPS

C.E.R.R. (Centré d'Ecologie des Ressources Renouvelables), 29, rue Jeanne Marvig — 31055 TOULOUSE cedex (61) 25.40.87.

et Françoise BUREL

C.E.R.E.S.A. (Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement et les Sols pour l'Aménagement). Le Champ Niguel — 35170 BRUZ. (99) 52.66.88.

4ème SYMPOSIUM EUROPÉEN D'ÉCOLOGIE

8 - 12 SEPTEMBRE 1986

WAGENINGEN (Pays-Bas)

THEME : ECOLOGICAL IMPLICATIONS
OF PRESENT AGRICULTURE

INFORMATIONS : I.A.C., P.O. Box 88
AB WAGENINGEN (The Netherlands)

ÉTUDE DE QUELQUES CARACTÉRISTIQUES ET CONSÉQUENCES D'UN FEU PROVOQUÉ DANS UNE LANDE BRETONNE

par F. FORGEARD et J. TOUFFET

Laboratoire d'Écologie Végétale - Complexe scientifique de Rennes-Beaulieu — 35042 — RENNES CEDEX
I.R.A. CNRS n° 798 «Écologie des landes»

MOTS-CLÉS : Incendie - Lande - Caractéristiques du feu - Modification du milieu - recolonisation végétale.

KEY-WORDS : Burning - Heathland - Characteristics of burning - Environment modification - Plant recolonization

TITRE COURANT : Caractéristiques du feu dans les landes.

RÉSUMÉ

Les caractéristiques d'un feu de lande contrôlé ont été mesurées dans une lande haute à *Ulex europaeus* et dans une lande mésophile à *Ulex minor*, *Erica ciliaris* et *Molinia caerulea*.

L'incendie a eu lieu au printemps : la vitesse de propagation a été de $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ dans la lande haute et de $0,15 \text{ m.s}^{-1}$ dans la lande mésophile. Les températures ont atteint respectivement 700°C et 500°C dans la végétation. Dans le sol une élévation de température a été mesurée jusqu'à -10 cm en lande haute, elle est plus faible et ne dépasse pas -5 cm en lande mésophile.

Quelques conséquences du feu sur la végétation et le milieu ont été mesurées : perte de biomasse, apport de cendre, modification du microclimat. Le début de la recolonisation végétale après l'incendie est suivi le long de lignes permanentes.

SUMMARY

Study of some characteristics and consequences of a controlled burning in a Brittany Heathland

The characteristics of a controlled heathland burning are measured in a tall heathland (with *Ulex europaeus*) and in a mesic heathland (with *Ulex minor*, *Erica ciliaris* and *Molinia caerulea*).

The burning happens in spring; the spread speed was $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ in the tall heathland and $0,15 \text{ m.s}^{-1}$ in the mesic heathland. The temperatures have respectively reached 700°C and 500°C in the vegetation. In the soil an increasing of temperature is measured until -10 cm in tall heathland, it is less important and doesn't pass beyond -5 cm in mesic heathland.

Some consequences of burning on the vegetation and the environment have been measured : loss of biomass, ash deposition, modification of microclimate. The beginning of plant recolonization after burning is studied along permanent lines.

1 — INTRODUCTION

Le feu a souvent été utilisé comme moyen de mise en valeur des landes. La technique de l'écobuage qui consiste à décapier la croûte superficielle du sol et de la couverture végétale puis à les brûler par petits tas et enfin à répandre uniformément les cendres sur le sol (KUHNSHOLTZ-LORDAT, 1938 ; SIGAUT, 1975 et TOUFFET, 1982) est à peu près abandonnée de nos jours. Par contre, la pratique du feu courant est encore en usage et s'avère souvent nécessaire pour la mise en valeur pastorale de la lande (CLEMENT et TOUFFET, 1982).

L'évolution des techniques culturales et les modifications de l'économie rurale font que les landes qui étaient jadis fauchées et pâturées sont aujourd'hui abandonnées à leur évolution naturelle. Pour la plupart d'entre elles, cette évolution passe par un stade de fourré d'Ajoncs particulièrement sensible au feu. Dans le Massif de Paimpont, les incendies détruisent les landes avec une fréquence de 10 à 15 ans. Leurs conséquences sur la végétation et sur le milieu diffèrent suivant la période à laquelle ils se produisent. Les feux courants de printemps ne détruisent pas la partie souterraine des

plantes qui peuvent donc rejeter quelques semaines après le passage du feu. Par contre, les incendies d'été détruisent l'humus et parfois le système racinaire ; la recolonisation est alors beaucoup plus lente (FORGEARD et TOUFFET, 1980).

Pour comprendre les différents processus de recolonisation végétale après incendie, il est essentiel de caractériser la végétation préexistante, les conditions météorologiques et le comportement du feu. C'est ce que nous avons tenté de faire dans deux stations du site d'Iffendic (Ille-et-Vilaine).

2 — DESCRIPTION DES STATIONS AVANT L'INCENDIE

Le site dit « La Chambre aux Loups » est situé sur la commune d'Iffendic. Il est caractérisé par une grande diversité topographique et biologique et a fait l'objet d'une cartographie détaillée (BOULMER C. et M., 1983). La vallée principale encaissée est occupée par deux étangs et des saulaies. Les versants abrupts sont colonisés par des groupements pion-

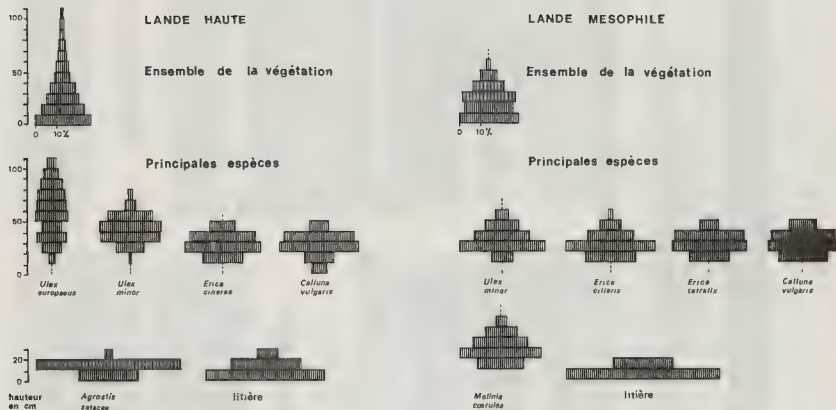


FIG. 1. — Structure verticale des deux landes d'Uffendic et de leurs principales espèces (calculée à partir des C.Sc. en abscisse).

niers muscino-lichéniques, des pelouses et des bosquets d'Ajoncs qui s'établissent entre les affleurements de la roche mère (schistes rouges cambriens). Sur les plateaux, en arrière des crêtes rocheuses, plusieurs types de landes sont représentés. Deux groupements caractéristiques des landes armoricaines ont été choisis pour cette étude :

- une lande haute à *Ulex europaeus* et *Erica cinerea*,
- une lande mésophile à *Erica ciliaris*, *Ulex minor* et *Molinia caerulea*.

Les caractéristiques physionomiques et biométriques de la végétation sont reportées dans le tableau 1. Dans chaque station une ligne permanente de 20 m est installée. La lecture est faite tous les 10 cm (soit 200 points observés) par la méthode des points contacts décrite par LONG et coll. (1970). Elle permet de calculer la fréquence relative (FR), la contribution spécifique présence (CSP) et la contribution spécifique contact (CSC) (1). La structure verticale de la végétation dont l'importance sera mise en relation avec les caractéristiques du feu est représentée sur la figure 1.

La phytomasse aérienne est obtenue par prélèvement de l'ensemble de la végétation sur 10 carrés de 1 m². Les espèces sont triées et séchées jusqu'à poids constant à 65° puis pesées.

La lande haute à Ajonc d'Europe a une biomasse aérienne de près de 30 t/ha et une litière de 25 t/ha soit au total 55 t/ha de combustible potentiel. Ces valeurs sont tout à fait proches d'autres landes âgées d'une dizaine d'années, étudiées dans le Massif Armoricain : 54 t/ha au Cap Fréhel (GLOAGUEN et TOUFFET, 1973), 57 t/ha à Paimpont (FORGEARD, 1977). La hauteur moyenne de cette lande est de 1,10 m. Sa structure globale est de type pyramidal élané. Quatre niveaux d'organisation peuvent être distingués. De 0 à 20 cm nous trouvons essentiellement la litière et *Agrostis setacea*, les niveaux suivants s'emboîtent les uns dans les autres : les chaméphytes bas (*Erica cinerea* et *Calluna vulgaris*) occupent la zone de 20 à 40 cm, *Ulex minor* se situe surtout entre 30 et 60 cm alors que *Ulex europaeus* forme le niveau supérieur développé entre 50 et 90 cm.

Cette lande est établie sur une pente de 15° sur un sol brun de 40 cm de profondeur.

La lande mésophile présente une biomasse aérienne de 11,5 t/ha et une litière de près de 9 t/ha soit un total de 20,5 t/ha. Cette valeur est voisine d'une lande de Paimpont (21 t/ha) (FORGEARD, 1977) âgée d'environ 10 ans, mais légèrement inférieure à une lande équivalente des Monts d'Arrée (25 t/ha) (CLEMENT, 1978). La hauteur moyenne de cette lande est de 0,60 m. La structure globale est de type pyramidal aplati sur une base presque cylindrique. Deux

TABLEAU 1

Caractéristiques physionomiques et biométriques des deux landes d'Iffendic

A.D. = Abondance-Dominance

FR = Fréquence relative

CSP = Contribution spécifique présence

Espèces	Lande haute				Espèces	Lande mésophile			
	A.D.	Bio-masse t/ha	FR	CSP		A.D.	Bio-masse t/ha	FR	CSP
<i>Ulex europaeus</i>	5	26,76	71,5	38,1	<i>Ulex minor</i>	3	4,26	55,5	23,0
<i>Erica cinerea</i>	3	0,82	57,5	30,7	<i>Erica ciliaris</i>	4	3,94	87,0	36,1
<i>Ulex minor</i>	2	0,17	30,5	16,3	<i>Molinia caerulea</i>	4	0,93	83,5	34,6
<i>Calluna vulgaris</i>	2	0,21	14,0	7,5	<i>Calluna vulgaris</i>	1	0,41	6,0	2,5
<i>Agrostis setacea</i>	1	0,05	5,0	2,7	<i>Erica tetralix</i>	1	0,42	7,0	2,9
<i>Rubus fruticosus</i>	+	—	3,5	1,9	<i>Genista anglica</i>	+	0,03	—	—
<i>Prunus spinosa</i>	+	—	—	—	<i>Pteridium aquilinum</i>	+	—	1,5	0,6
<i>Sarothamnus scoparius</i>	+	—	—	—	<i>Agrostis setacea</i>	+	—	0,5	0,2
<i>Hypnum cupressiforme</i>	2	0,75	5,5	2,9	<i>Potentilla erecta</i>	+	—	—	—
Débris	—	0,69	—	—	Débris	—	1,53	—	—
Litière	—	25,00	—	—	Litière	—	8,78	—	—
Total aérien		29,45			Total aérien		11,52		
Total avec litière		54,45			Total avec litière		20,30		

(1) FR : Pourcentage de points où l'espèce A est rencontrée sur l'ensemble des points observés.

CSP : rapport en % du nombre de présences de l'espèce A sur le nombre total de présences de l'ensemble des espèces.

CSC : rapport en % du nombre de contacts de l'espèce A dans une strate à la somme des contacts de l'espèce A dans l'ensemble des strates.

niveaux d'organisation se distinguent à peine, l'un, chaméphyte moyen, formé d'*Erica tetralix* et *Calluna vulgaris*, occupe l'espace de 20 à 40 cm, l'autre, chaméphyte et herbacé, formé d'*Ulex minor*, *Erica ciliaris* et *Molinia caerulea*, est légèrement plus haut. La répartition de ces différentes espèces montre que cette lande est beaucoup plus dense que la lande haute. Cette lande mésophile occupe une légère dépression présentant un microrelief bosselé lié à d'anciens billons. Le sol à une profondeur d'environ 50 cm et présente

un niveau d'hydromorphie (Bg) à 22 cm.

Les caractéristiques microclimatiques des deux landes ont été enregistrées à l'aide de thermohygrographes posés au sol sous la végétation. Les résultats sont portés dans le tableau 2 et comparés aux données de la station météorologique de Paimpont. Ces données mettent en évidence une amplitude thermique plus importante dans la lande mésophile que dans la lande haute et une humidité relative légèrement plus forte sous la lande haute. Ces résultats sont liés à la structure de la végétation qui forme un écran plus efficace dans le cas de la lande haute.

TABLEAU 2
Caractéristiques microclimatiques des deux landes
avant incendie (Période du 13 mars 1984 au 6 avril 1984)

	Lande haute Iflicendic	Lande meso- phile Iflicendic	Station météo Paimpont
T° maximale (°C)	7,2	9,2	9,8
T° minimale (°C)	0	-2,3	0,6
T° moyenne (°C)	3,6	3,4	5,2
Amplitude (°C)	7,2	12,6	9,2
Humidité relative moyenne	91 %	89 %	

3 — LES CARACTÉRISTIQUES DE L'INCENDIE

La définition des caractères du feu est faite selon les critères et la méthodologie de TRABAUD (1979).

Le comportement du feu est caractérisé par la vitesse de propagation, la hauteur des flammes et la température atteinte aux différents niveaux du sol et de la végétation (BYRAM, 1959; TRABAUD, 1979). Ces paramètres dépendent à la fois du combustible (quantité, teneur en eau des plantes) et des facteurs mésologiques; topographiques et climatiques (humidité atmosphérique, vitesse du vent).

3.1. Méthodes d'étude

Le feu a été allumé le 7 avril 1984 le long des parcelles à l'aide d'un chalumeau afin de réaliser un front de flammes semblable à celui d'un feu qui atteint son stade d'équilibre et se propage librement. Une surface de 4.400 m² a été brûlée en lande haute et de 3.600 m² en lande mésophile.

Les teneurs en eau des plantes juste avant la mise à feu sont portées dans le tableau 3.

La vitesse de propagation est observée en plaçant des piquets de repérage tous les 10 m et en chronométrant le passage du front de flammes.

L'enregistrement des températures est obtenu en utilisant des vernis thermosensibles dont les points de fusion correspondent à des températures connues (Tableau 4). Les vernis sont peints en bandes verticales sur une plaque de mica de 5 cm × 10 cm. Cette plaque est déposée sur une plaque d'amiante de façon à protéger les vernis. L'ensemble est ensuite fixé sur des piquets à différents niveaux dans le sol et

TABLEAU 3

Teneurs en eau (%) des principales espèces des landes

Lande haute		Lande mésophile	
<i>Ulex europaeus</i>	45,0 %	<i>Ulex minor</i>	47,8 %
<i>Erica cinerea</i>	41,6 %	<i>Erica ciliaris</i>	43,3 %
<i>Ulex minor</i>	44,2 %	<i>Molinia caerulea</i>	31,4 %
<i>Calluna vulgaris</i>	50,1 %	<i>Calluna vulgaris</i>	37,7 %
<i>Agrostis setacea</i>	61,9 %	<i>Erica tetralix</i>	42,5 %
Litière	43,4 %	Litière	51,6 %

dans la végétation selon le schéma de la figure 2. Cinq piquets sont ainsi équipés dans chaque lande. Les résultats sont indiqués sur la figure 3.

TABLEAU 4

Températures de virage des vernis utilisés
au cours des incendies d'Iflicendic (°C)

Températures de virage des vernis utilisés au-dessus du sol

+ 204° + 302° + 427° + 500° + 621° + 704° + 899° + 1010° + 1204°

Températures de virage des vernis utilisés dans le sol et dans la litière

+ 38° + 52° + 62° + 73° + 83° + 93° + 104° + 121° + 132° + 149°

3.2. Comportement du feu en lande haute à Ajonc d'Europe

Le feu a été mis à 10 h du matin, le vent était faible, soufflant de W-NW à 1,25 m/s. La température de l'air était de 8°S, l'humidité atmosphérique de 84 %. Rappelons que la quantité de combustible s'élève à 55 t/ha répartie sur une hauteur de 1,10 en moyenne. Les teneurs en eau de la végétation et de la litière se situent entre 42 et 50 %. *Agrostis setacea*, peu abondant dans cette lande (FR = 5 % tableau 1), a une teneur un peu plus élevée (62 %), ce qui s'explique par l'abondance des feuilles bien vertes à cette période de l'année.

La vitesse de propagation du feu était de 0,2 m/s. La hauteur des flammes était en moyenne de 5 à 6 m mais pouvait atteindre jusqu'à 10 m au-dessus des grosses touffes d'Ajoncs. Les 4.400 m² de la parcelle ont été parcourus en 15 minutes par le front de flammes. Les dernières flammèches se sont éteintes à 10 h 30.

Les températures enregistrées dans la végétation (Figure 3) montrent que le maximum se situe à 50 cm au-dessus du sol, donc juste au-dessus de la plus forte densité de végétation (CSc maximum) d'*Erica cinerea*, *Calluna vulgaris* et *Ulex minor* qui représentent à elles trois 54,5 % des contacts (Tableau 1). Les valeurs atteintes vont de 430°C à 700°C. Dans la partie supérieure du couvert végétal et juste au-dessus de la végétation (de 1 m à 1,50 m), les températures atteintes sont sensiblement plus faibles (de 300° à 500°C).

Au niveau du sol, dans la couche de litière, les températures vont de 50° à 150°C entre 0 et 5 cm, de 93° à 500°C entre 5 et 10 cm.

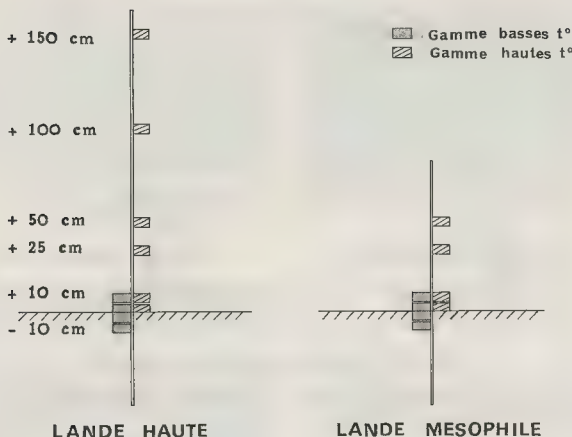


FIG 2. — Schéma de disposition des plaquettes destinées à mesurer la température du feu

Dans le sol, la température la plus haute enregistrée a été voisine de 85°C entre 0 et 0,5 cm dans 1 cas sur 5. La température a atteint environ 50°C à -2,5 cm et près de 40°C à -5 cm. A -10 cm elle n'a plus atteint cette valeur que dans 20 % des cas.

Des mesures ponctuelles de températures faites dans le sol au thermomètre à cadran avant et après l'incendie donnent les résultats suivants (Tableau 5) :

TABLEAU 5

Températures mesurées dans le sol de la lande haute avant et après incendie (°C)

heure Profondeur	Avant incendie 7 h 45 et 9 h	10 mn après extinction 10 h 40	1 h après extinction 11 h 30
0 cm	7°2	16° à 60°	11°5 à 13°
-5 cm	7°2	10° à 30°	9° à 10°
-10 cm	7°8	9° à 14°	8°5 à 9°5

3.3. Comportement du feu en lande mésophile

Le feu a été mis à 14 h 40, le vent était de NW, faible au moment de la mise à feu (1,65 m/s) ; il a ensuite très légèrement forcé avec quelques rafales de 2 m/s. La température de l'air était de 16°C et l'humidité atmosphérique de 58 %.

Dix minutes après la mise à feu, à environ 5 m des flammes, la température de l'air était de 22°C et l'humidité atmosphérique de 32 %. La quantité de combustible était de 20 t/ha répartie sur 60 cm de hauteur. La teneur en eau de la végétation était de 40 à 50 % environ sauf pour *Molinia caerulea* (31 %) qui ne présentait plus que des feuilles sèches à cette saison.

La vitesse de propagation du feu a été de 0,15 m/s, la hauteur des flammes de 2 à 3 m avec cependant quelques rares grandes flammes atteignant 5 m au-dessus des plus hautes touffes d'Ajoncs. Les dernières flammes se sont éteintes à 15 h 25.

Les températures enregistrées dans la végétation (Figure 3) montrent que le maximum se situe à 25 cm au-dessus du sol ce qui correspond à la plus grande densité des principales espèces de cette lande (Figure 1). Les températures atteintes sont de 430° à 500°C. A 50 cm de hauteur, 3 des 5 plaquettes n'atteignent plus que 300°, les deux autres se situant encore à 500°C.

Dans la litière la température a atteint 300° dans 80 % des cas entre 5 et 10 cm et dans 60 % des cas à 2,5 cm.

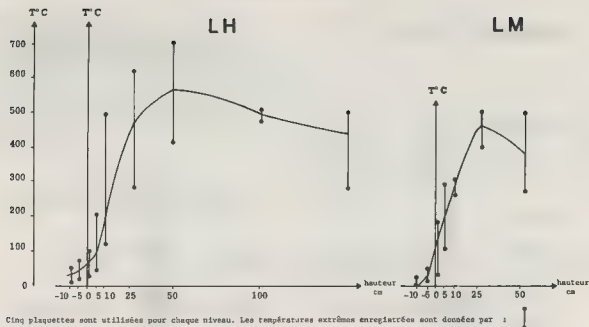


FIG 3 — Températures enregistrées au cours des incendies de landes à Iffindic (en °C)

Dans le sol, la température la plus élevée a été de 60°C entre 0 et -1,5 cm. A -3 cm elle n'a atteint 40° qu'une fois sur 5. A -10 cm aucune température n'a atteint cette valeur.

Les températures mesurées dans le sol au thermomètre à cadran avant et après l'incendie sont les suivantes :

TABLEAU 6

Températures mesurées dans le sol de la lande mésophile avant et après incendie (°C)

Profondeur	Avant incendie à 14 h	10 mn après extinction	1 h après extinction
0 cm	14°	16° à 29°	15° à 20°
- 5 cm	10°5	11° à 18°	11° à 11°5
-10 cm	8°5	8°5 à 10°	8°5 à 9°5

3.4. Comparaison et discussion

Les températures ont été en moyenne plus élevées :

— au niveau de la végétation et dans le sol dans la lande haute,

— au niveau zéro du sol et dans la partie inférieure de la litière dans la lande mésophile.

Les températures dans la végétation s'expliquent surtout par la quantité de combustible plus importante dans la lande haute, les teneurs en eau des végétaux étant sensiblement les mêmes

Dans le sol, il y a eu une moins forte conduction de la chaleur sous la lande mésophile que sous la lande haute. Ceci est sans doute lié à une humidité plus forte du sol de la lande mésophile.

La teneur en eau de la litière plus forte en lande mésophile et la vitesse de propagation du feu plus lente ont permis au feu de «couvrir» un peu plus longtemps ce qui peut expliquer les températures plus élevées enregistrées dans les premiers centimètres au-dessus du niveau zéro du sol dans cette station.

Des mesures de température ont été effectuées dans des incendies de lande par divers auteurs. KAYLL (1966) pour des incendies de printemps de lande à Callune trouve des températures qui ne dépassent pas 350°C. Par contre, les résultats de WHITTAKER (1961) et ceux de MALLIK et GIMINGHAM (1983) sont plus proche des nôtres avec respectivement 600° à 840°C et 530° à 760°C.

La vitesse de propagation du feu est très variable, BYRAM (1959) et WAGNER (1966) indiquent respectivement des vitesses de 0,9 à 1,3 cm.s⁻¹ et 2,5 cm.s⁻¹ pour des feux «prescrits» et de 139 à 167 cm.s⁻¹ et 40 cm.s⁻¹ pour des feux «sauvages». Elle dépend surtout de la vitesse du vent et de la teneur en eau des végétaux. Dans le cas des feux d'Iffindic, le passage du feu a été assez rapide (20 et 15 cm.s⁻¹) et la litière n'a pas été complètement détruite. Les troncs d'Ajoncs noirs mais non complètement calcinés sont également restés en place.

IRABAUD (1979) reprend l'équation de BYRAM (1959) et TANGREN (1976) donnant l'énergie dégagée par un feu :

$$P f = H \cdot W \cdot r$$

où Pf est la puissance du feu en calories par seconde et par centimètre,

H est la chaleur de combustion (ou valeur énergétique) en calories par gramme de combustible,

W est la masse de combustible effectivement brûlée, en gramme par centimètre carré,

r est la vitesse de propagation du feu en centimètre par seconde.

La chaleur de combustion des espèces de la lande varie entre 16,5 et 18,5 Kjoules/g (communication personnelle J.L. CHAPUIS), valeurs voisines de celle obtenue pour des plantes méditerranéennes : 19,5 KJ/g (HEIM, 1974). Ceci donne donc une puissance du front de feu voisine de $15.000 \text{ cal.s}^{-1}\text{cm}^{-1}$ pour la lande haute et de $7.000 \text{ cal.s}^{-1}\text{cm}^{-1}$ pour la lande mésophile. Ces valeurs sont beaucoup plus importantes que celles obtenues par TRABAUD (1979) pour une garrigue de Chêne kermès ($1.164 \text{ à } 3.494 \text{ cal.cm}^{-1}\text{s}^{-1}$) mais restent nettement inférieures à celles obtenues pour des feux de forêts : $50.000 \text{ à } 250.000 \text{ cal.s}^{-1}\text{cm}^{-1}$ (BYRAM, 1959).

4 — DESCRIPTION DES STATIONS APRÈS L'INCENDIE

4.1. Les restes de végétation et les cendres

Les quantités de matériel végétal (bois noirci d'Ajoncs et litière) restant en place après les incendies sont portées sur le tableau 7. Le prélèvement du bois se fait sur $10 \text{ fois } 1 \text{ m}^2$, celui de la litière sur $10 \text{ fois } 1/16 \text{ de m}^2$.

TABLEAU 7

Comparaison de la quantité de matériel végétal avant et après incendie de la lande haute (LH) et de la lande mésophile (lm) d'Iffendic

Station	Avant l'incendie	Après l'incendie	Diff. = matériel brûlé
L	<i>Ulex europaeus</i> biomasse t/ha	26,76	11,30
	Litière t/ha	25,00	24,71
H	Biomasse totale de la lande t/ha	54,45	36,01
	<i>Ulex minor</i> t/ha	4,26	0,97
I	Litière t/ha	8,78	8,63
	Biomasse totale de la lande t/ha	20,30	9,60
m			10,70

Si la quasi totalité des Graminées et Bruyères a été détruite par le feu, les troncs d'Ajoncs, qui représentent 42 % de la biomasse d'*Ulex europaeus* dans la lande haute et 23 % de la biomasse d'*Ulex minor* dans la lande mésophile, demeurent en place. Seulement 1,2 % de la litière de la lande haute et 1,7 % de celle de la lande mésophile ont été brûlés.

La quantité de matériel végétal brûlé est donc de $18,44 \text{ t/ha}$ dans la lande haute (34 % du matériel initial) et de $10,76 \text{ t/ha}$ dans la lande mésophile (53 % du matériel initial).

Ce matériel brûlé a été réduit en cendres. Recueillies sur 15 carrés de $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ immédiatement après l'extinction du feu, ces cendres ont été tamisées (tamis maille ronde 2 mm) et

la perte au feu a été déterminée sur la fraction fine et la fraction grossière, au four à moufle. Ceci permet de connaître la quantité d'éléments minéraux contenue dans ces cendres. Les résultats figurent dans le tableau 8. L'incendie de la lande haute a fourni $0,89 \text{ t/ha}$ de cendres, celui de la lande mésophile $0,67 \text{ t/ha}$, ce qui correspond respectivement à une minéralomasse de $0,36 \text{ t/ha}$ et $0,16 \text{ t/ha}$. Cette minéralomasse représente 1,95 % du matériel brûlé en lande haute et 1,49 % en lande mésophile. Ce rapport est de 1,39 % dans une lande haute de Paimpont (biomasse $57,68 \text{ t/ha}$, minéralomasse $0,80 \text{ t/ha}$) et de 1,20 % dans une lande mésophile de Paimpont (biomasse $20,77 \text{ t/ha}$, minéralomasse $0,25 \text{ t/ha}$) (FORGEARD, 1977). Nous retrouvons donc dans les cendres apportées par la destruction de la végétation une minéralomasse globale correspondant sensiblement à la minéralomasse contenue dans les parties détruites par le feu.

TABLEAU 8

Analyse des cendres restant après les incendies de la lande haute et de la lande mésophile d'Iffendic

	Lande haute	Lande mésophile
Poids cendres t/ha	0,89	0,67
Cendres fines < 2 mm		
Poids t/ha	0,18	0,22
% éléments minéraux	41,90	47,70
Minéralomasse t/ha	0,08	0,10
Cendres gross. > 2 mm		
Poids t/ha	0,71	0,45
% éléments minéraux	39,90	12,50
Minéralomasse t/ha	0,28	0,06
Minéralomasse t/ha	0,36	0,16
Matériel brûlé correspondant t/ha	18,44	10,70

Cette méthode ne permet pas de mettre en évidence d'éventuelles pertes par volatilisation. RUNDEL (1981) souligne que la première réaction causée par l'effet direct du feu sur le cycle des éléments minéraux est la volatilisation de certains éléments et le dépôt de cendres.

La volatilisation concerne essentiellement l'azote. DEBELL et RALSTON (1970) observent des pertes pouvant atteindre 58 à 85 % dans différents types de forêts. DEBANO et CONRAD (1978) notent des pertes moins importantes, voisines de 10 %. WHITE *et al.* (1973) mettent en relation les pertes d'azote et la température du feu et précisent qu'en dessous de 200°C il n'y a pas de pertes mesurables d'azote.

Les pertes au cours de l'incendie peuvent aussi toucher le phosphore (CHRISTENSEN, 1977 ; LLOYD, 1971), alors que des éléments comme le calcium et le magnésium ne subissent pas de pertes notables.

4.2. Les modifications microclimatiques

Les résultats concernant le microclimat des landes d'Iffendic

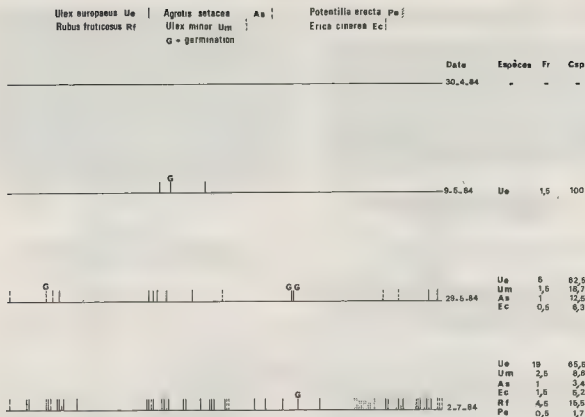


FIG. 4a - Recolonisation de la lande haute d'Effendé après incendie (ligne permanente de 20 m — lecture tous les 10 cm).

dic après les incendies sont portés dans le tableau 9.

Ils mettent en évidence une augmentation très nette des températures maximales dans les landes incendiées, le sol n'étant plus protégé du rayonnement par le couvert végétal. Cette augmentation est en moyenne de 13°2 dans la lande haute et de 6°4 dans la lande mésophile.

Dans les landes non incendiées, nous avons déjà vu que l'humidité moyenne (mesurée par planimétrie) est un peu plus élevée sous la lande haute que sous la lande mésophile. Dans les deux zones incendiées, l'humidité relative est la même, environ 78 % pour la période du 7 avril au 6 juin.

L'humidité relative assez forte et surtout les températures maximales élevées ont certainement favorisé la reprise de la végétation dans les zones incendiées.

4.3. La reprise de la végétation

La recolonisation végétale sur les zones incendiées est représentée sur les figures 4a et 4b. Elle est obtenue par la relecture de la ligne permanente mise en place avant l'incendie. C'est dans la lande mésophile qu'elle s'est amorcée en premier puisque fin avril, c'est-à-dire un mois après le passage du feu, la Molinie formait ses nouvelles feuilles vertes en rejetant de souche. Dans la lande haute, les premières traces de reprise de la végétation n'apparaissent qu'une dizaine de jours après la reprise en lande mésophile, mais ce sont alors les Ajoncs qui rejettent de souche ou qui germent.

Trois mois environ après le passage du feu, le recouvrement du sol en lande mésophile est de 89,5 %, essentiellement constitué de Molinie (63 %); les rejets d'Ajonc nain et de

Bruyère apparaissent au cours du mois de juin. C'est *Erica ciliaris* qui se développe le plus vite puisqu'elle a une CSC de 22,5 % début juillet contre 10,8 % pour *Ulex minor*.

En lande haute à Ajoncs, le recouvrement est seulement de 29 % trois mois après l'incendie. Il s'agit pour 65 % de rejets d'*Ulex europaeus*.

Des mesures de biomasse ont été effectuées en fin de période de croissance, le 7 novembre 1984, soit 7 mois après le feu. Les biomasses mesurées sont de 2,07 t/ha en lande haute dont 1,93 t/ha d'*Ulex europaeus* et de 4,19 t/ha pour la lande mésophile avec 2,78 t/ha de *Molinia caerulea*, 0,81 t/ha d'*Ulex minor* et 0,60 t/ha d'*Erica ciliaris*.

La reconstitution du tapis végétal se fait donc très rapidement en particulier dans la lande mésophile où la Molinie prend un grand développement.

La végétation qui s'installe est floristiquement identique à celle qui existait avant l'incendie. Dans la lande haute on retrouve même une proportion d'*Ulex europaeus* voisine de ce qu'elle était avant incendie; cette espèce représentait 91 % de la biomasse aérienne avant le passage du feu; elle représente 93 % de la repousse 7 mois après. Par contre, dans la lande mésophile, la Molinie qui se développe plus vite que les espèces ligneuses représente 66 % de la biomasse aérienne, alors qu'elle ne contribuait que pour 8 % de la biomasse avant l'incendie. *Ulex minor* et *Erica ciliaris* qui correspondaient respectivement à 37 % et 34 % de la biomasse aérienne avant le feu, représentent 20 % et 14 % après une saison de croissance.

Il n'y a pas eu de phases de recolonisation muscinale comme c'est généralement le cas après les incendies d'été (FORGEARD et TOUFFET, 1980) mais une recolonisation à partir des rejets de souches.

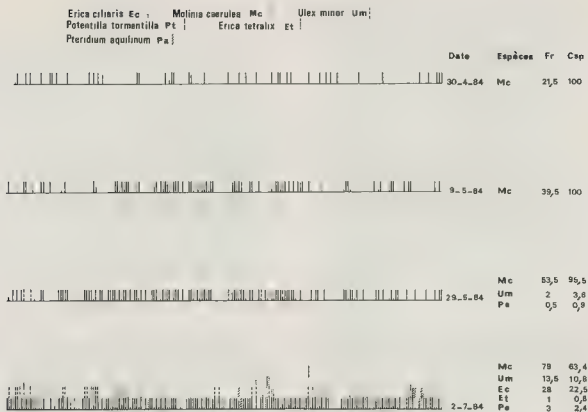


FIG. 4b — Recolonisation de la lande mésophile d'Ifendic après incendie (Ligne permanente de 20 m — lecture tous les 10 cm)

5 — CONCLUSION

Le feu considéré comme facteur écologique est un sujet d'étude extrêmement complexe. Son effet sur les processus de fonctionnement des écosystèmes et sur le développement, la croissance et la succession des espèces végétales, donne lieu chaque année à de nombreuses publications.

Cette expérience, préliminaire à d'autres incendies contrôlés, est à notre connaissance la première réalisée dans les landes en Bretagne. Elle nous a permis de préciser quelques caractéristiques du feu qui permettront de mieux comprendre les phénomènes de recolonisation végétale après incendie et de mieux cerner les modifications du milieu (microclimatiques, pédologiques) liées au passage du feu et à la destruction du couvert végétal.

Cet incendie de printemps se caractérise essentiellement :

- par une destruction très incomplète de la litière et une recolonisation rapide de la végétation à partir de rejets de souches. Cette croissance est particulièrement rapide pour des graminées cespitueuses comme la Molinie ;

- par des températures relativement peu élevées dans le sol ; à ~10 cm l'élévation de température ne se fait pratiquement plus sentir. Le passage du feu ne détruit donc pas (ou peu) les organismes du sol (graines, microorganismes, mésofaune) ; il peut être, au contraire, un facteur de stimulation (levée de dormance chez certaines graines) ; des phénomènes comme la minéralisation de l'azote peuvent être favorisés. Des études sont actuellement en cours de réalisation ;

- par des températures aériennes dont le gradient est lié à la structure verticale de la végétation et dont la valeur est fonction de la biomasse de combustible et de son humidité ;

- par une minéralomasse globale dans les cendres proches de la minéralomasse correspondant à la végétation détruite

Ces incendies contrôlés sont donc fondamentalement différents des incendies accidentels qui ont dévasté les landes armoricaines au cours de l'été 1976. Ceci montre la grande diversité des conséquences du feu sur un même écosystème et la nécessité de poursuivre ces études sur les landes atlantiques notamment au niveau du cycle des éléments minéraux et de l'activité du sol

Remerciements

Nous tenons à remercier :

Monsieur TRABAUD pour toute l'aide qu'il nous a apportée et en particulier pour avoir bien voulu se déplacer jusqu'en Bretagne

Les différents organismes qui nous ont permis de réaliser ce travail (D.D.E. d'Ille-et-Vilaine, PIREN pays de Paimpont et le service des Pompiers).

TABLEAU 9

Comparaison des données microclimatiques dans les landes incendiées
et non incendiées d'Iffendic

		7 au 10 avr.	11-20 avr.	21-30 avr.	1-10 mai	11-20 mai	21-31 mai	1-6 juin		7 au 10 avr.	11-20 avr.	21-30 avr.	1-10 mai	11-20 mai	21-31 mai	1-6 juin
Landes haute	T ^m	15°	18°5	19°4	8°7	8°3	9°8	10°5	H	100	97,5	93,5	99,7	98,7	99,4	81,0
	t ^m	-3°	3°	3°3	3°1	4°2	4°3	4°	h	36	27	38,2	82,4	83,7	75,2	68,5
	t ^m	6°	10°7	11°3	5°9	6°2	7°	7°2	h	79	66	66	98	92	90	81
	A	18°	15°5	16°1	5°6	4°	5°5	6°5								
Landes haute incendiee	T ^m	21°3	30°2	34°	23°4	19°6	24°1	30°4	H	96,5	100	94,8	100	100	100	98,0
	t ^m	-4°5	5°3	6°3	5°	5°9	6°9	2°6	h	29,3	21,6	17,6	51,2	57,6	39,3	27,3
	t ^m	8°4	17°7	20°1	14°2	12°7	15°5	16°5	h	80	69	63	84	91	86	72
	A	25°8	24°9	27°7	18°4	13°7	17°2	27°8								
Landes mésophile non incendiée	T ^m			27°		14°3	17°8	22°6	H	100	96,9	93,8	100	100	100	100
	t ^m			2°3		0°6	2°8	0°6	h	28,7	17,0	16,8	43,6	47,4	39,3	21
	t ^m			14°6		7°4	10°3	11°6	h	80	68	54	83	86	74	80
	A			24°7		13°7	15°	22°								
Landes mésophile incendiée	T ^m	21°5	27°5	34°2	22°	19°7	23°3	30°2	H	99	94,6	93,2	100	100	100	100
	t ^m	-5°5	2°3	4°	3°9	5°6	5°	2°	h	36,2	17,5	16,5	53,0	61,1	53,2	27,6
	t ^m	8°	14°9	19°1	12°9	12°9	14°1	16°1	h	82	68	64	94	90	72	76
	A	9°5	15°6	22°8	13°1	12°1	13°7	17°7								
Paimpont	T ^m	-0°8	0°9	8°2	5°7	5°9	7°4									
	t ^m	4°3	8°3	15°5	9°2	8°9	9°8	12°5								
	A	10°3	14°9	14°6	7°7	6°4	7°8	10°3	P	2	0	0	70	14	109	20

T^m température maximale moyenne (°C)t^m température minimale moyenne (°C)t^m température moyenne moyenne (°C)

A amplitude thermique moyenne (°C)

H humidité relative maximale moyenne (%)

h humidité relative minimale moyenne (%)

h humidité relative moyenne moyenne (%)

P pluviosité (mm)

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN (S.E.), 1964. — Chemical aspects of heather burning *J Appl. Ecol.*, 1, 347-367.
- BOULMER (C.) et BOULMER (M.), 1983. — La Chambre aux Loups. Végétation et aménagement. Doc. Lab. Ecol. Végétale, Université de Rennes, 32 p.
- BYRAM (G.M.), 1959. — Combustion of forest fuels in Forest Fire control and use K.P. Davis Ed. Mc Graw-Hill Book Co, New-York, 61-89.
- CHRISTENSEN (N.L.), 1977. — Fire and plant nutrient relations in a pine wiregrass savanna on the Coastal Plain of North Carolina *Oecologia*, 31, 27-44.
- CLEMENT (B.), 1978. — Contribution à l'étude phytocécologique des Monts d'Arrée. Organisation et cartographie des biocénoses. Evolution et productivité des landes *Thèse 3e cycle*, Rennes, 260 p.
- CLEMENT (B.) et TOUFFET (J.), 1982. — Le rôle des incendies dans la succession des communautés végétales des landes bretonnes. 107e Congrès national des Sociétés Savantes, Brest, Sciences, fasc. II, 51-62.
- DEBELL (D.S.) and RALSTON (C.W.), 1970. — Release of nitrogen by burning high forest fuels. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34, 936-938.
- DEBANO (L.F.) and CONRAD C.E., 1978. — The effect of fire on nutrients in a chaparral ecosystem *Ecology*, 59, 489-497.
- FORGEARD (F.), 1977. — L'écosystème lande dans la région de Paimpont. Etude du cycle de la matière organique et des éléments minéraux. *Thèse 3e cycle*, Rennes, 246 p.
- FORGEARD (F.) et TOUFFET (J.), 1980. — La recolonisation des landes et des pelouses dans la région de Paimpont. Evolution de la végétation au cours de trois années suivant l'incendie *Bull. Ecol.* II, 3-4, 349-358.
- GLOAGUEN (J.C.) et TOUFFET (J.), 1973. — La biomasse végétale aérienne et la répartition des éléments biogènes essentiels dans quelques types de landes littorales armoricaines. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 277, série D, 505-508.
- HEIM (G.), 1974. — L'utilité du concept de valeur énergétique en écologie. Une étude basée sur des mesures effectuées sur des plantes méditerranéennes. *Oecol. Plant.*, 9, 281-286.
- KAYLL (A.J.), 1966. — Some characteristics of heath fires in northeast Scotland. *J. Appl. Ecology*, 3, 29-40.
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1938. — La terre incendiée. Essai d'agronomie comparée. *La Maison Carrée*, Nîmes, 361 p.
- LLYOD (P.S.), 1971. — Effects of fire on the chemical status of herbaceous communities of the Derbyshire Dales. *J. Ecol.*, 59, 261-273.
- LONG (G.), POISSONET (P.), POISSONET (J.), GODRON (J.) et DAGET (P.), 1970. — Méthode d'analyse par point de la végétation prairiale dense. Comparaison avec d'autres méthodes. *CARS-CLPL*, Montpellier, doc. 55, 32 p.
- MALLIK (A.V.) et GIMINGHAM (C.M.), 1983. — Regeneration of heathland plants following burning. *Vegetatio*, 53, 45-58.
- RÜNDEL (P.W.), 1981. — Fire as an ecological factor. In *Physiological Plant Ecology I. Responses to the Physical Environment*. Encyclopedia of Plant Physiology, N.S. 12A. Ed. Lange and Co Springer Verlag, Berlin, 501-538.
- SIGAUY (F.), 1975. — L'agriculture et le feu. Mouton et Cie, Paris, 320 p.
- TOUFFET (J.), 1982. — Dictionnaire essentiel d'écologie. Ed Ouest-France, pp. 108.
- TRABAUD (L.), 1979. — Étude du comportement du feu dans la garrigue de Chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagation. *Ann. Sci. Forest.*, 36, 1, 13-38.
- WAGNER (C. E. Van), 1966. — Three experimental fires in jack pine slash. *Can. Forest Serv. Depart. Forest. Pub.*, 1146, 22 p.
- WHITE (E.M.), THOMPSON (W.W.) and GARTNER (F.R.), 1973. — Heath effects on nutrient release from soils under ponderosa pine. *J. Range Manag.*, 26, 22-24.
- WITTAKER (L.), 1961. — Temperatures in heath fires. *J. Ecol.*, 49, 709-714.

RÉSUMÉS DE THÈSES

Edward JEANFILS*. — **Éléments pour une politique globale des usages de l'eau en Wallonie et spécialement en Haute-Belgique. Rapports avec l'environnement. Évolution nécessaire des mentalités.** Thèse de Doctorat en Sciences de l'Environnement. Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Arlon (Belgique), 1983, 3 vol., 678 pp.

(* Rue du Verbois 3A, 4000 Liège - Belgique).

INTRODUCTION

Même s'ils apparaissent comme techniques ou monodisciplinaires, les problèmes liés aux ressources hydriques et à leurs utilisations doivent être replacés dans un contexte global et pluridisciplinaire. Pour cela, les critères d'analyse doivent prendre en compte deux facteurs essentiels :

a. l'environnement au sens large (il y a une forte interdépendance de tous les éléments du milieu naturel et des activités humaines) ;

b. l'état des mentalités (le poids des mentalités fait dévier dans un sens ou dans un autre la résolution de problèmes qui à première vue sont uniquement techniques ou économiques).

Même s'il y a des exceptions, l'environnement global et l'état des mentalités sont encore le plus souvent ignorés dans l'étude scientifique des problèmes de l'eau sur le plan explicatif. L'introduction conjointe de ces deux facteurs doit devenir une règle de conduite générale.

De même, il faudra en tenir compte lors de l'élaboration des diverses politiques relatives aux ressources hydriques et aux usages de l'eau.

Les aspects des usages de l'eau redevables d'une telle analyse sont très nombreux et très diversifiés. On s'est limité ici à sept d'entre eux, en raison de leur caractère particulièrement illustratif, de leur actualité ou de leur spécificité à la région wallonne ou à la Haute Belgique.

Chapitre I. — LES USAGES INDUSTRIELS DE L'EAU

On a procédé à une analyse statistique des utilisations de l'eau dans les principaux secteurs industriels intéressés, pour la période 1965-1978, notamment pour le calcul de taux d'utilisation spécifique d'eau par branche industrielle. On a ainsi décelé l'existence d'un facteur technologique qui a déterminé sur le plan macroéconomique une épargne croissante de l'eau sur le long terme. L'usage de l'eau dans l'industrie a ainsi quantitativement diminué, indépendamment du facteur climatique et du facteur conjoncturel. Le recyclage de l'eau a joué à cet égard un rôle important.

Par conséquent, l'argument souvent invoqué selon lequel

l'industrie a besoin de plus en plus d'eau est déformé. Or, cet argument est couramment utilisé dans les multiples prises de position apparues depuis 30 ans en faveur d'une augmentation artificielle des débits d'étiage des grands cours d'eau comme la Meuse.

Chapitre II et III. — LES USAGES DOMESTIQUES MUNICIPAUX ET AGRICOLES DE L'EAU. L'IMPACT D'UNE SÈCHÈRESSE

C'est la seule étude d'ensemble qui ait été faite en Wallonie sur la sécheresse de 1976 qui fut d'intensité séculaire, à propos de l'approvisionnement en eau. On a analysé les mesures de lutte contre les effets de la sécheresse. On a mis en opposition à ce sujet l'efficacité des mesures pratiques prises sur le plan organisationnel par les pouvoirs publics et les exploitants agricoles et l'inefficacité des mesures d'ordre réglementaire et pénal. On se heurtait là à une forte résistance des mentalités.

De plus, cette période de sécheresse a donné l'occasion de mesurer quantitativement et de localiser géographiquement les inadaptations des réseaux ordinaires de distribution d'eau. On a utilisé pour cela les données relatives aux livraisons d'eau d'urgence effectuées par les services de protection civile et par les pompiers. Une classification des communes a été faite en fonction des carences des réseaux ainsi manifestées.

Chapitre IV. — UN CAS PARTICULIER DANS LA PROTECTION DES EAUX SOUTERRAINES EN WALLONIE : LES PUIIS PERDUS. ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT D'UNE LÉGISLATION

Dans le cadre général de la législation concernant la protection des eaux souterraines, on étudie ici la façon dont fonctionne en réalité le règlement qui s'applique depuis 1946 au cas particulier des puits perdus. Ceux-ci sont fréquemment utilisés clandestinement pour le versement dans le sol d'eaux usées domestiques qui constituent un grave danger pour la qualité des eaux souterraines. On utilise même aussi à cet effet d'anciens puits d'eau potable !

On constate que, dans la pratique, le règlement précité est largement inappliqué.

Il est étrange de voir coexister sans problème apparent et en tout cas pacifiquement et silencieusement des éléments antagonistes à l'intérieur d'un même système institutionnel : d'une part, des dispositions légales contraignantes et, d'autre part, une pratique illégale fort répandue d'utilisation de puits perdus clandestins.

Ce mécanisme institutionnel d'un genre particulier est ainsi maintenu en place depuis des dizaines d'années sans réaction

efficace de la part des pouvoirs publics. On en fait l'étude explicative en sociologie du droit et des institutions. Des conclusions sont tirées en vue d'une rénovation du mécanisme de décision politique, notamment par un changement dans les mentalités.

Chapitre V. — L'ÉVOLUTION DE LA PERCEPTION DES MARAIS DU POINT DE VUE CULTUREL ET INSTITUTIONNEL. RETOURNEMENT D'UNE SITUATION

Les zones humides et spécialement les marais font depuis des siècles l'objet d'une destruction organisée et progressive, par assèchement.

Mais à présent, les écosystèmes très particuliers que sont les marais sont mieux mis en lumière par les découvertes scientifiques récentes. Ils ont par exemple une productivité végétale extrêmement importante et on va même jusqu'à étudier l'utilité qu'auraient des marais artificiels ou reconstitués, pour l'épuration des eaux usées. L'utilité économique et sociale des zones marécageuses est ainsi mise en évidence. Ainsi est-on en train de passer très graduellement d'une conception générale qui voyait dans les marais des étendues inutiles, perdues et même tout à fait malfaisantes à une conception positive qui voit dans le potentiel biologique et environnemental des marais un atout à sauvegarder pour le long terme.

Cela invite alors à poser la question suivante : quelles étaient les raisons qui étaient avancées pour justifier pendant si longtemps la frénésie de destruction des marais ? Pourquoi ces raisons défavorables ont-elles été jusqu'ici prédominantes ?

La destruction des marais, croyait-on, trouvait une justification scientifique dans la science médicale d'alors : selon celle-ci, les marais étaient générateurs des « miasmes » causant le paludisme (y compris dans nos régions), alors extrêmement répandu et souvent mortel. Or, la fausseté de ces théories miasmatiques n'a été prouvée que vers 1880 seulement.

Droit, économie politique et sciences médicales ont pris appui pendant 200 ans (XVIII et XIXe siècles) sur des théories miasmatiques fausses, pour lesquelles on n'a jamais pu trouver la moindre vérification expérimentale, et s'en sont servi pour justifier pendant tout ce temps la destruction forcée des marais. Pourquoi ?

Ce discours d'ordre scientifique n'était que le prolongement caché et implicite d'un discours d'ordre mythique de phobie des marais tenu par les traditions populaires orales (contes et légendes) depuis au moins deux millénaires ainsi que par les littératures occidentales. L'imaginaire des populations a en effet toujours assumé, depuis la nuit des temps, les marais au malheur et aux puissances de la mort.

La conjonction de ces deux types de discours (scientifique et mythique, ennemis en théorie, mais historiquement convergents dans le cas des marais) explique l'acharnement mis à détruire les marais. Il y a là une illustration du poids des mentalités dans un problème majeur d'environnement.

Un renversement de tendance est lentement en train de se manifester en faveur de la sauvegarde des rases lambeaux de zones marécageuses qui subsistent dans le pays. Le combat est bien loin d'être gagné car le cadre juridique et l'état d'esprit général sont extrêmement lents à se modifier.

Chapitre VI. — ATTITUDES ET MESURES POLITIQUES PROPRES À AMÉLIORER L'ÉTAT DES RESSOURCES HYDRIQUES ET LEUR UTILISATION DANS UNE PERSPECTIVE DE SAUVEGARDE DE L'ENVIRONNEMENT

Il s'agit d'un ensemble de discussions et de propositions concernant des mesures politiques à propos des ressources hydriques et des usages de l'eau. Les divers points ne sont pas abordés dans le détail de la technique ou des sciences particulières mais le sont d'abord dans une perspective d'environnement.

Par exemple, on montre combien est néfaste l'habitude prise par les pouvoirs publics, depuis des dizaines d'années, de rectifier le tracé naturel de ruisseaux et de rivières dans les régions rurales. L'intention était notamment de supprimer les effets nuisibles des crues : les inondations. Expérience faite, on constate maintenant que c'est à l'effet inverse qu'on a abouti.

Autre exemple, celui de l'érosion des terres agricoles en Moyenne-Belgique et en Haute-Belgique. Les pratiques agricoles traditionnelles permettaient la conservation de la couche arable des terres ainsi que d'un couvert végétal dense et diversifié. À l'heure actuelle au contraire, la mécanisation du travail agricole modifie considérablement l'évolution du relief et favorise l'érosion des sols ainsi qu'une disparition progressive du couvert végétal autre que celui des cultures elles-mêmes.

On remet en cause ici les pratiques actuelles des pouvoirs publics et du monde agricole, qui entraînent le dénuement des paysages, la banalisation et l'artificialisation des sites ainsi qu'un écoulement trop direct des eaux de ruissellement vers les rivières. Ces remises en cause appellent un approfondissement des constats scientifiques ainsi que, sans tarder, des conversions de mentalité dans tous les milieux professionnels et administratifs intéressés.

Chapitre VII. — LA PARTICIPATION DES CITOYENS À LA CONDUITE D'UNE POLITIQUE DE L'EAU ET D'UNE POLITIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

L'apparition, depuis 20 ans, de très multiples associations pour la sauvegarde de l'environnement extrêmement diverses est un phénomène de société.

Leur présence, leur mode d'action et leur organisation interne sont expliqués en recourant à la sociologie politique. Il en va de même pour leur compatibilité avec l'ensemble des institutions sociales et politiques traditionnelles. On étudie également la question théorique de leur représentativité et des liens qu'elles entretiennent avec la population.

Leur utilité fondamentale réside dans l'insertion d'une problématique du long terme dans le processus démocratique de la décision politique. La mentalité actuelle des décideurs politiques comme de la plupart des citoyens d'ailleurs, néglige presque totalement le long terme. Et pourtant ce sont les problèmes du long terme de l'humanité qui sont en cause quand on parle d'environnement. Les associations de sauvegarde de l'environnement sont ainsi des instruments aidant à faire apparaître les changements de mentalité.

CONCLUSION

Quelle que soit leur apparence technique ou monodisciplinaire, les problèmes des ressources hydriques et de leur utili-

sation doivent être replacés dans un contexte plus général, si on veut travailler sur un plan explicatif suffisant. Deux éléments constitutifs de ce contexte général doivent pour cela être pris en compte dans l'analyse scientifique explicative des usages de l'eau :

— l'environnement au sens large (il y a une interdépendance entre tous les éléments du milieu naturel et les activités humaines) ;

— les mentalités (le poids des mentalités fait dévier dans un sens ou dans un autre la résolution des problèmes, même de ceux qui apparaissent comme uniquement techniques).

De leur côté, les politiques particulières aux divers usages de l'eau, ainsi que la politique globale de l'eau devront également tenir compte de ces deux éléments constitutifs, sous peine d'incohérence.

GALZIN R. — Écologie des poissons récifaux de Polynésie française. Variations spatio-temporelles des peuplements. Dynamique des populations de trois espèces dominantes des lagons Nord de Moorea. Évaluation de la production ichtyologique d'un secteur récifo-lagunaire. Thèse présentée en 1985 à l'Université de Montpellier II.

Dans ce travail nous voulons répondre à deux questions : Les peuplements ichtyologiques des récifs coralliens sont-ils stables dans l'espace, dans le temps et quelle est la production en poissons d'un secteur récifo-lagunaire de l'île haute de Moorea ?

PROBLÉMATIQUE

Stabilité ou variabilité des peuplements ? : Les recherches internationales sur l'organisation des peuplements de poissons récifaux soulèvent, entre autres, le problème de l'existence ou non dans l'espace de peuplements différents et la généralisation de leur distribution à grande échelle dans le temps, de leur persistance et de leur résilience. De plus, deux théories opposées quant à l'organisation des peuplements ichtyologiques en milieu corallien, ont été émises en 1977 par SALE et SMITH. Pour SALE, les mécanismes qui permettent le maintien d'une grande diversité dans les communautés de poissons des récifs coralliens dépendent dans une grande mesure de phénomènes aléatoires. Au contraire, SMITH, pense que ce sont les réponses adaptatives au système compétition/prédation qui structurent ces communautés.

Production en poisson d'un secteur récifo-lagunaire ? : Dans ce programme de recherche il nous fallait prendre en compte trois caractéristiques des récifs et lagons polynésiens. **Premièrement**, la Polynésie française se situant à l'extrémité orientale de la province biogéographique Indo-Pacifique, le nombre d'espèces, quel que soit le groupe taxonomique considéré, y est plus faible que dans l'arc Ouest-Pacifique considéré comme le secteur de richesse spécifique maximale. **Deuxièmement**, nous pouvons observer que dans chaque taxon, un petit nombre d'espèces présentent une forte dominance. **Troisièmement**, les poissons interviennent dans quatre des cinq niveaux trophiques reconnus dans les récifs coralliens.

OBJECTIFS

La variabilité spatiale est étudiée en quatre étapes : 1)

Étude des peuplements ichtyologiques d'une radiale située dans le secteur Nord-Ouest de Moorea ; 2) Place de cette radiale par rapport à quatre autres radiales situées tout autour de l'île ; 3) Comparaison des résultats obtenus sur les peuplements ichtyologiques de Moorea par rapport à quatre autres îles polynésiennes ; 4) Étude des facteurs biotiques ou abiotiques responsables de la mise en place des peuplements.

La variabilité temporelle est étudiée à quatre échelles de temps : toutes les heures pendant 24 heures, tous les jours pendant 36 jours, tous les mois pendant 15 mois et depuis 1975 par des observations asynchrones.

La production en poissons d'un secteur récifo-lagunaire du Nord-Ouest de Moorea est approchée par l'étude de la dynamique des populations (biologie, biométrie, stock, biomasse, croissance, production) de trois espèces dominantes et de niveaux trophiques différents : le poisson herbivore *Ctenochaetus striatus* (Quoy et Gaimard, 1824), le poisson omnivore *Stegastes nigricans* (Lacépède, 1801) et le poisson carnivore *Sargocentron microstoma* Gunther, 1859.

ÉCHANTILLONNAGE

Les deux premiers objectifs sont résolus par des échantillonnages et comptages en plongée. Les tableaux matriciels obtenus sont étudiés au moyen de l'analyse multidimensionnelle. La dynamique des populations est abordée par l'étude des prélèvements mensuels à la roténone.

RÉSULTATS OBTENUS

A — ORGANISATION SPATIALE DES PEUPELEMENTS ICHTYOLOGIQUES EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

Les principales conclusions qui se dégagent de l'étude de l'organisation spatiale des peuplements sont les suivantes.

□ **Première étape** : étude de la radiale Tiahura. Les 280 espèces inventoriées sur la radiale Tiahura s'organisent selon quatre peuplements : le peuplement du récif frangeant, le peuplement du lagon, le peuplement du front récifal et le peuplement de la pente externe. Le peuplement du lagon est composé de quatre sous-unités comprenant le récif frangeant externe, le chenal, le récif barrière sableux et le récif barrière à pâtes dispersés. Ces peuplements peuvent se caractériser par deux espèces pour le récif frangeant, trois espèces pour le lagon, cinq espèces pour le front récifal et 19 espèces pour la pente externe. Le pourcentage d'espèces ubiquistes est relativement faible (2,1 %). Outre le taux de couverture corallienne qui semble être le facteur le plus important dans cette distribution des peuplements ichtyologiques, nous pouvons également retenir le taux d'agitation, la hauteur de la colonne d'eau et le taux de rugosité du substrat.

□ **Deuxième étape** : étude de cinq radiales tout autour de Moorea. Les 134 espèces recensées dans le lagon tout autour de Moorea peuvent être regroupées en quatre peuplements lagunaires : des récifs Nord, des récifs sableux, des récifs à corail parasol et du récif frangeant d'Afareaitu. En terme quantitatif apparaissent de grandes différences d'abondance entre les récifs frangeants et barrières. Ces peuplements peuvent se caractériser, par une espèce pour les lagons Nord de Moorea et les récifs sableux et par trois espèces pour le récif frangeant d'Afareaitu. Donc, pour l'étude des poissons du lagon, nous pouvons supposer que les résultats obtenus sur la radiale Tiahura sont représentatifs des lagons Nord de l'île.

□ **Troisième étape ; étude des pentes externes de cinq îles** Les 189 espèces échantillonnées sont regroupées dans quatre peuplements des pentes externes de Moorea, de Mehetia, de Takapoto et de Tikehau/Mataiva. Ces peuplements peuvent se caractériser par respectivement 5, 10, 5 et 11 espèces. Donc, pour l'étude des poissons de la pente externe, nous pouvons supposer que les résultats obtenus sur la radiale Tiatura sont représentatifs de l'ensemble des pentes externes de l'île. En ce qui concerne l'ensemble des huit peuplements définis lors de la résolution des deuxième et troisième étapes, le pourcentage d'espèces ubiquistes (6,9%) est plus en accord avec les données obtenues ailleurs dans l'Indo-Pacifique.

□ **Quatrième étape ; étude du lagon de Mataiva** Les résultats obtenus dans cette étude nous permettent de démontrer la grande importance du recouvrement en corail vivant dans la mise en place des peuplements ichtyologiques.

□ **Le peuplement ichtyologique des récifs coralliens n'est pas réparti de façon homogène dans l'espace.** Nous pensons que sur une grande échelle les poissons s'organisent afin d'occuper au mieux tout l'espace qui leur est proposé. Cette colonisation de l'espace se ferait à partir des fronts récifaux qui, uniquement par le jeu hydrodynamique, reçoivent en premier les larves planctoniques océaniques colonisatrices. Nos recherches sur l'atoll de Mataiva montrent que si la rugosité du substrat joue un grand rôle dans cette organisation, le pourcentage de recouvrement en corail vivant est au moins aussi important. D'autres facteurs interviennent également, comme la hauteur de la colonne d'eau, l'agitation, la position géographique, la géomorphologie et la dégradation du milieu

B — ORGANISATION TEMPORELLE DES PEUPLEMENTS ICHTYOLOGIQUES A MOOREA

Pour l'étude des variations temporelles nous retiendrons un cycle journalier d'évolution avec trois peuplements, diurne, nocturne et crépusculaire en ce qui concerne l'étude qualitative, et quatre peuplements (deux diurnes et deux nocturnes), en ce qui concerne l'abondance des individus. Le cycle mensuel d'observation semble aboutir à une opposition très nette entre les variations de l'abondance et de la richesse spécifique des poissons. Les abondances seraient maximales lors du dernier quartier et à la pleine lune, alors que ce serait l'inverse pour la richesse spécifique. Nous pouvons émettre l'hypothèse d'une corrélation positive entre ces cycles nyctéméraux et lunaires, et l'abondance d'autres groupes zoologiques. Les variations saisonnières sont apparaitre trois périodes d'évolution dans le temps des différents peuplements. En général ces périodes correspondent, à la saison des pluies, à la saison sèche et à une saison intermédiaire. Il est curieux de constater que ces périodes sont d'autant plus tranchées que l'on passe du récif frangeant, au récif barrière et à la pente externe. Pour le récif frangeant, ces variations saisonnières sont dues à des variations pratiquement synchrones de l'ensemble des populations. Pour la pente externe, la variabilité globale est due essentiellement à de fortes variations de quelques espèces seulement, qui sont pour la plupart des zooplanctonophages. Cette variabilité temporelle peut également s'expliquer par des flux migratoires trophiques ou de reproduction entre le récif frangeant et le récif barrière

Le peuplement ichtyologique des récifs coralliens est instable dans le temps. Ce peuplement semble évoluer au moins selon trois cycles internes (journalier, mensuel et saisonnier). Il semblerait également exister des évolutions de plus grande amplitude qui sont mises en évidence, mais non expliquées, dans cette étude

C — DYNAMIQUE DES TROIS POPULATIONS ÉTUDIÉES ; ÉVALUATION DE LA PRODUCTION ICHTYOLOGIQUE D'UN SECTEUR RÉCIFO-LAGONAIRE

■ *Ctenochaetus striatus* est un poisson herbivore diurne qui s'alimente tout au long de la journée. Il ingère au minimum 3,15 g de poids sec par jour dont 75 % de sédiment. Sur les récifs frangeants et barrières du Nord-Ouest de Moorea, les tailles observées sont comprises entre 4 et 25 cm alors que les poids varient entre 1 et 258 g. Pour une même taille, les mâles sont en général plus gros que les femelles. Une relation taille-poids moyenne peut être établie : $W = 0,0111L^{3,10}$. En Polynésie française la phase de maturité sexuelle de ce poisson s'étale entre les mois d'octobre et de février avec une période de ponte en novembre-décembre. Cette reproduction est grégaire, les oeufs sont pélagiques. La durée de vie larvaire est de 70 jours. Les deux équations de croissance en taille et en poids sont les suivantes :

$$L_t = 61,95 [1 - e^{-0,0065(t+9,17)}] \\ \text{et } W_t = 3986,64 [1 - e^{-0,0065(t+9,17)}]^{1,10}$$

Ce poisson est surtout dominant sur le récif barrière où il peut représenter plus de 25 % du peuplement. Sur ce récif, les biomasses sont estimées entre 27 et 51 g/m² pour des densités moyennes de 0,38 ind./m². Sur les récifs frangeants et la pente externe les densités de peuplement approchent 0,5 ind./m². Cette espèce ne présente pas de variabilité temporelle significative. Sur le récif frangeant bord du chenal sa biomasse moyenne est de 23 g/m² alors que sa production a été estimée à 16 g/m²/an.

■ *Stegastes nigricans* est un poisson omnivore diurne présentant deux pics d'alimentation dans la journée : l'un dans la matinée vers 10 h, l'autre dans l'après-midi vers 16 h. Il ingère au minimum 0,39 g de poids sec d'aliment par jour, dont des algues comme proies préférentielles et des crustacés et annélides comme proies secondaires. Sur les récifs frangeants de Tiatura les tailles de ce poisson sont comprises entre 1 et 16 cm alors que leurs poids varient de 0,02 à 97 g. La relation taille-poids est la suivante : $W = 0,0951L^{3,07}$. La phase de maturité sexuelle de ce poisson s'échelonne d'octobre à avril avec deux périodes de ponte en début et en fin de phase. La reproduction s'effectue en couple, les oeufs sont benthiques. La durée de vie larvaire est de 45 jours alors que la longévité minimale de ce poisson est inférieure à 4 ans. Les équations de croissance sont les suivantes :

$$L_t = 17,54 [1 - 0,070,93(1 + 0,5)^t] \text{ et } W_t = 128,89 [1 - 0,073,07,0,93(1 + 0,5)^t]$$

Ce poisson est surtout dominant sur le récif frangeant où il peut représenter près de 50 % du nombre total de poissons comptés. Sur ce récif frangeant, les biomasses moyennes peuvent varier de 58 à 97 g/m² avec une biomasse moyenne estimée à 77 g/m². Cette espèce ne présente pas de variabilité temporelle significative. Sa production sur le récif frangeant bord du chenal de Tiatura a été estimée à 55,6 g/m²/an.

■ *Sargocentron microstoma* est un carnivore caracophage nocturne. A taille égale, les individus du récif frangeant sont moins gros que ceux du récif barrière et les femelles plus grosses que les mâles. Sur les récifs frangeants et barrière de Papetoi les tailles observées varient de 6 à 19 cm alors que les poids fluctuent entre 3 et 85 g. Une relation taille-poids moyenne peut être donnée : $W = 0,01291L^{3,01}$. Ces poissons montrent une phase de maturité sexuelle entre octobre et mars avec une période de ponte en décembre-janvier. La durée de vie larvaire est de 60 jours. Les équations de croissance en taille et en poids sont les suivantes :

$$L_t = 37,28 [1 - e^{-0,0085(t+19,86)}] \\ \text{et } W_t = 692,94 [1 - e^{-0,0085(t+19,86)}]^{3,01}$$

Sur le récif frangeant leur biomasse est comprise entre 0,7 et 14,2 g/m², alors qu'elle varie entre 0,2 et 10,3 g/m² sur le récif barrière. La production sur le récif frangeant en bordure du chenal a été estimée à 2,6 g/m²/an.

□ **L'extrapolation des résultats quantitatifs** obtenus sur ces trois espèces qui représentent 74 % de la biomasse en poissons, nous permet de proposer une biomasse estimée de 140 g/m² pour l'ensemble du peuplement ichtyologique de cette zone du récif frangeant en bordure du chenal. Pour les trois espèces étudiées la biomasse est de 103,4 g/m² alors que la production biologique a été estimée à 74,2 g/m²/an. Ces biomasse et production devraient autoriser un rendement potentiel de pêche voisin de 20 g/m²/an (20 T/km²/an, tonnage déjà annoncé par l'étude des statistiques de pêche d'autres pêcheries en milieu corallien de l'Indo-Pacifique.

PERSPECTIVES

Lors de l'étude des pentes externes d'atoll, nous avons émis trois hypothèses pour expliquer les différences observées dans les peuplements ichtyologiques : position géographique, présence ou absence d'une passe, destruction par les cyclones. Pour essayer de résoudre ce problème, il faudrait étudier dans un minimum de temps un maximum de pentes externes et de lagons d'atoll : de l'atoll ouvert type Rangiroa à l'atoll fermé type Reao.

Cette étude s'est limitée à l'analyse, avec un effort de pêche différent, des poissons de 6 îles polynésiennes. N'oublions pas qu'il existe 114 autres îles en Polynésie française, réparties en 5 archipels, tous très intéressants quant à l'étude de leur faune ichtyologique. Les Marquises au Nord seraient semble-t-il colonisées par une faune endémique très intéressante. Les poissons des Gambiers, au Sud-Ouest, sont ciguatoxiques dans leur ensemble et foisonnent dans les lagons. Dans ce travail, la liste des poissons inventoriés comprend près de 500 espèces. Elle est la deuxième en importance après celle de RANDALL (1962) révisée par RANDALL (1985). Un travail de recherche dans ces archipels éloignés nous permettrait, non seulement de compléter cette liste, mais également de réaliser des comparaisons biogéographiques ou écologiques intéressantes.

Depuis le début des recherches en Polynésie, nous constatons une dégradation générale des récifs. A Moorea, cette dégradation progressive semble s'accompagner d'une augmentation d'abondance du peuplement ichtyologique total et d'un changement dans la composition trophique de celui-ci. En revanche, à Mataiva, il semble qu'il y ait eu disparition quasi-totale du peuplement ichtyologique, suite à certaines dégradations brutales. Avec ces deux îles étudiées régulièrement en ce qui concerne les poissons, depuis 1975 pour Moorea et 1981 pour Mataiva, nous sommes bien placés pour suivre les phénomènes d'évolution et de succession des peuplements ichtyologiques. Pour Moorea, la dégradation du récif s'accompagne actuellement d'une augmentation du nombre total de poissons inventoriés. Cette augmentation est-elle passagère ? Comment évolue la richesse spécifique, par rapport à l'abondance totale des poissons ? Après l'accident probable des communautés coralliennes de l'atoll de Mataiva en 1980, comment vont se reconstituer les peuplements ichtyologiques dans ce lagon ? Les variations de composition trophique des peuplements (augmentation du nombre d'individus des espèces herbivores qui semble se faire au détriment du nombre d'individus des espèces carnivores) devraient avoir, à moyen ou à long terme, des répercussions sur l'économie des pêches des poissons des récifs coralliens. Or, à l'heure actuelle, ces effectifs ne constituent-ils pas un potentiel de 9 % par rapport au tonnage mondial des poissons pêchés ? D'autres types de dégradation (zones por-

taires, extractions de sables coralliens) sembleraient avoir des conséquences légèrement différentes sur l'évolution des peuplements ichtyologiques. L'étude de ces dégradations et de leurs conséquences sur l'organisation spatiale et temporelle des peuplements ichtyologiques (nombre d'espèces, nombre d'individus), devrait nous permettre de commencer à pouvoir étudier le fonctionnement de cette organisation.

L'étude nycthérale réalisée est déjà impliquée dans ces programmes de recherche sur l'organisation et le fonctionnement de l'écosystème récifal. En effet, le niveau de perception écologique du système n'est plus situé au stade des seuls peuplements ichtyologiques, mais intègre déjà l'étude des communautés, benthiques ou planctoniques, animales ou végétales, des récifs coralliens.

Alain CANARD — Contribution à la connaissance du développement, de l'écologie et de l'écophysiologie des *Aranéides* de landes armoricaines. Thèse de Doctorat d'État soutenue le 16 juin 1984 à l'Université de Rennes JURY : P. RAZET, P. BONNET, M. VACHON, M. LAMOTTE, P. TREHEN, F. ALLEGRET, P. BLANDIN.

Sur 258 travaux d'écologie concernant les *Aranéides* et réalisés en Europe entre 1953 et 1976, 7 seulement sont dus à des auteurs français. Les difficultés d'identification des espèces de notre pays sont en grande partie responsables de cette faiblesse. Pourtant dans de nombreux écosystèmes terrestres, les *Aranéides* sont abondants et leur importance est d'autant plus grande qu'il s'agit de prédateurs. Il s'avérerait donc utile, au sein d'un groupe d'étude des landes armoricaines (U.A. 696 (ex. ERA 798) du C.N.R.S.), de mieux connaître l'écologie de ce groupe.

La faune aranéologique de huit stations armoricaines est étudiée (entre 1975 et 1981) : 5 landes sèches et trois landes mésophiles. Les landes sèches et une station mésophile sont situées dans le bassin de Rennes, certaines à proximité du Massif forestier de Paimpont. Les autres stations mésophiles sont situées dans les Monts d'Arrée et au Cap Fréhel (lande littorale). Quelques caractéristiques climatiques des stations sont données, elles permettent de comprendre la présence de certaines espèces au sein des peuplements ou les durées de certains cycles.

Nous avons choisi de présenter les études de population avant celles de peuplement en raison de l'originalité des *Aranéides* qui apparaît mieux alors. Nous avons tout d'abord dû nous intéresser plus particulièrement au début du développement. Le travail tant zoologique qu'écologique est rendu indispensable par le fait que les différents auteurs adoptent des repères et parfois une nomenclature personnels pour situer les différents stades de développement des *Aranéides*. A la lumière d'un travail bibliographique plus général sur les Arthropodes, nous avons étudié, par observation directe et à l'aide du microscope électronique à balayage, une vingtaine d'espèces d'*Aranéides* des landes appartenant à neuf familles. Le choix des espèces a été réalisé de manière à donner le plus large éventail de modalités du développement. Nous ne précisons ici que les résultats à application écologique. Après l'éclosion, phénomène particulièrement long chez les *Aranéides*, nous distinguons :

— une période primaire de I à 3 stades (nombre fixe pour une espèce déterminée) où l'organisme, d'aspect «foetal» est dépourvu d'organes sensoriels et vit uniquement aux dépens de ses réserves vitellines.

— une période juvénile où l'araignée possède son aspect définitif. Le premier des stades (exceptionnellement, aussi le second = *Atypidés*) est dépourvu de certains organes,

notamment sensoriels (jeune «incomplet»). Il vit soit totalement aux dépens de ses réserves vitellines, soit partiellement car, chez un certain nombre d'espèces, ces premiers jeunes peuvent aussi se nourrir des oeufs non développés parfois présents dans le cocon. Au cours des stades suivants, les jeunes ne diffèrent des adultes, à l'exception des organes reproducteurs, que par des caractères qualitatifs (jeunes «complets»). La sortie du cocon ou de la loge maternelle s'effectue à l'un de ces stades, en général le premier. Les individus, de grégaires, deviennent solitaires et essaient alors de capturer des proies.

Les cycles des Aranéides nous paraissent se scinder en cycles «longs» et «courts». Nous étudions un exemple de cycle long avec *Atypus affinis* (Mygalomorpha, Atypidae). Chez cette espèce commune en Landes il y a 5 à 8 ans entre deux générations successives. Le nombre de stades juvéniles varie de 6 à 8. Les femelles, adultes aux stades 8 et 9 suivant les individus, muent encore au cours de la période, adultes aux stades 7, 8 ou 9, ne muent plus ensuite, mais ils ont rarement l'occasion de survivre à l'accouplement. La courbe de croissance de l'espèce au cours de toute la vie post-embryonnaire est de type «exponentiel d'inverse», nous avons pu lui ajuster une courbe théorique. La courbe de survie traduit une forte mortalité au stade effectuant la dispersion (J 3) mais, ensuite, cette mortalité est assez faible jusque vers la 5ème année; elle augmente alors en raison de la disparition des mâles d'abord, des femelles ensuite (certaines femelles vivent plus de 10 ans). Un exemple de cycle court est étudié avec *Pardosa nigricipes* (Araneomorpha, Lycosidae). Cette espèce ne mue pas à l'état adulte, mâles et femelles apparaissent en avril, les mâles disparaissent en juillet, les femelles en septembre-octobre. Le cycle est bouclé en 1 an pour la majorité de la population, en 2 ans pour quelques individus. Celui de *Evophrys frontalis* (Salticidae) correspond à une espèce se reproduisant, comme *P. nigricipes*, au début de l'été, et dure 2 ans (1 an pour quelques individus). Ceux de *Scotina paillardii* (Clubionidae) et de *Scotina celans* correspondent à des espèces se reproduisant en automne. Ils durent : 1 an (2 ans pour quelques individus) chez *S. paillardii* et, 2 ans (1 an pour quelques individus) chez *S. celans*.

Une caractéristique des cycles courts est qu'il n'ont pas la même durée suivant les latitudes. Leur déroulement est synchronisé par l'action de facteurs climatiques périodiques. Pour la première fois, la mise en évidence de l'action d'un de ces facteurs est effectuée chez deux Epeires : *Araneus quadratus* et *A. diadematus* (Argiopidae). Ces deux espèces qui pondent en automne ont une diapause embryonnaire, obligatoire au moins chez *A. diadematus*. Cette diapause est levée par le froid (une vingtaine de jours à 5°C pour *A. diadematus*, une quarantaine 5°C pour *A. quadratus*). Ce phénomène permet de différer l'éclosion au printemps et synchronise les durées de développement. Grâce à cela, ces jeunes Epeires ne tissent leur toile qu'à partir du printemps, au moment où les Insectes ailés sortent en grand nombre dans le milieu.

Les études de peuplements nous ont conduit à tester l'efficacité des différentes méthodes de prélèvements puis à employer conjointement, pour notre étude, plusieurs d'entre elles : carré de ramassage, prélèvements de rameaux, battage, fauchage, piégeage au sol. Un premier travail sur une lande sèche nous a confirmé l'importance numérique des Araignées. Si l'on excepte les Collemboles et les Acariens, les Araignées sont avec les Formicidés, les Coléoptères et les Hémiptères, les Arthropodes épiques les plus abondants. C'est le groupe ayant la plus grande importance numérique dans les zones de végétation dense où les densités moyennes annuelles atteignent 250 ind./m² et peuvent dépasser l'hiver 500 ind./m². Une analyse des peuplements colonisant 7 zones de végétation différentes (lande sèche) et effectuée à l'aide de plusieurs méthodes, dont l'analyse des correspondances, nous a conduit à distinguer trois types de peuplements d'Araignées :

1 — Celui des zones de végétation ouvertes et rases (du rocher aux pelouses ouvertes) est caractérisé par des richesses spécifiques, des indices de diversité et des densités moyennes annuelles (10-50 ind./m²) faibles. De plus, la densité de peuplement est particulièrement faible en été. Ce peuplement est constitué principalement par des espèces errantes (Salticidae, Lycosidae, Gnaphosidae) et quelques espèces à toile en nappe (Erigonidae).

2 — Celui des strates basses de végétation dense et épaisse (depuis les pelouses fermées, jusqu'aux strates des landes à Ajoncs d'Europe) est caractérisé par des indices de diversité, des richesses spécifiques et des densités moyennes annuelles (180-250 ind./m²) fortes. La densité de peuplement ne baisse pas considérablement ensuite. Ce peuplement est constitué principalement par des espèces à toiles en nappe (Linyphiidae et Erigonidae), avec quelques espèces errantes (Clubionidae, Lycosidae).

3 — Celui des strates arbustives (Ajoncs et Genêts) est caractérisé par de faibles richesses spécifiques et indices de diversité, il est constitué surtout d'espèces à toiles en réseaux (Theridiidae) et à toiles géométriques (Argiopidae).

Notre étude sur les landes mésophiles nous conduit à assimiler les caractéristiques du peuplement de ces landes à celles du peuplement des zones de végétation dense et épaisse des landes sèches, avec toutefois une composition spécifique différente.

Bien que les Araignées constituent un groupe zoologique particulièrement homogène, on ne peut considérer leur action dans l'écosystème comme s'il s'agissait d'un seul ensemble, en raison de la diversité de leurs modes de chasse. Aussi, avons-nous distingué plusieurs groupes d'espèces selon leurs modes de chasse : espèces errantes diurnes, errantes nocturnes, d'affût, à toiles en réseaux, en nappes, en tubes, géométriques. Pour chacun de ces groupes, nous avons analysé la distribution des espèces dans les différentes zones de végétation et dans les différentes stations étudiées. Cette analyse est soutenue par un point bibliographique, augmenté de nos observations, donnant quelques points de la biologie des espèces (distribution, mode de chasse, reproduction et cycle) et constituant une annexe à la thèse. 294 espèces ont été capturées au cours de notre étude (31.000 individus identifiés), mais seules un peu plus de 150 d'entre elles sont communes en landes. Notons que 75 espèces sont nouvelles pour le Massif armoricain et 2 espèces : *Micaria silesiaca* et *Zora sylvestris* sont nouvelles pour la France. En dehors de cette étude spatio-temporelle du peuplement d'Araignées des landes, nous avons observé certaines caractéristiques du fonctionnement de ces peuplements. L'une concerne l'existence de groupes d'espèces où chacune des constituantes paraît avoir le même rôle dans l'écosystème. Ces espèces sont présentes simultanément dans la même station avec souvent l'une d'elles beaucoup plus abondante que les autres. Or, suivant les stations ou les années, ce n'est pas la même qui est dominante. Ces dominances alternatives sont, semble-t-il, liées aux valences écologiques des espèces.

L'étude de quelques caractéristiques écophysiologiques des espèces peut expliquer au moins partiellement leur distribution spatio-temporelle. Nous avons tenté d'en aborder un aspect en étudiant la résistance à la dessiccation de quelques Araignées errantes diurnes. L'appareillage mis au point pour cette investigation est constitué d'une enceinte où l'humidité relative est régulée. Les pertes de poids des Araignées mises dans cette enceinte sont mesurées à l'aide d'une balance électronique munie d'un système enregistreur. Les résultats obtenus sur les différentes espèces correspondent à ce que l'on pouvait attendre en raison des milieux qu'elles fréquentent; ainsi, certaines espèces comme *Phlegma v-insignita* (Sal-

ticidae), actives en plein soleil, sur les rochers, ne perdent pratiquement pas d'eau en atmosphères sèches. Une explication de cette résistance à la dessiccation est donnée par l'étude du tégument des Salticidae au microscope électronique à balayage. On constate, chez les espèces les plus xérophiles, la présence de soies très nombreuses, élargies et constituant sur le céphalothorax et l'abdomen une couche protectrice ; en raison de son architecture, ce second tégument externe est séparé du premier par une couche d'air isolante.

Notre étude sur l'écologie des Aranéides des landes nous confirme donc l'importance de ce groupe jusqu'ici négligé, en raison, semble-t-il, des difficultés d'identification des espèces et de la méconnaissance de leur biologie. Un des prolongements de cette étude sera de mieux connaître cette biologie et de créer des outils systématiques modernes pour identifier les espèces. Si nous avons pu étudier la distribution spatio-temporelle des espèces et mettre en évidence quelques caractères du fonctionnement des peuplements d'Aranéides, il reste encore à chiffrer l'impact des Araignées sur l'entomocénose. Nos résultats montrent que, pour de telles études, il faudra distinguer autant de modèles qu'il y a de modes de chasse.

Claude ALAUZET. — *Bioécologie de Pissodes notatus* (Coléoptère - Curculionidae). Thèse d'Etat présentée à l'Université de Toulouse III. JURY : A. LEDOUX, Président ; A. ANGELIER, P. JOURDHEUIL, D. SCHVESTER, C. TOROSSIAN.

Dans ce travail, une première partie est consacrée à l'étude d'un dépérissement du pin maritime (*Pinus maritima* Ait.) apparu dans un boisement domanial de la région toulousaine (Forêt de Bouconne).

Le cadre historique, pédoécologique et climatique de cette étude est présenté brièvement avant d'aborder la recherche des causes possibles de ce dépérissement. Outre des conditions abiotiques peu favorables, il est apparu que la présence de plusieurs agents déprédateurs pouvait expliquer l'échec de cette tentative d'enrichissement. Il s'agit d'une rouille : *Cronartium flaccidum* (Basidiomycète, Urédinale, Cronartiacée) et de deux insectes : *Pissodes notatus* (Coléoptère, Curculionidae) et *Tomicus (Blastophagus) piniperda* L. (Coléoptère, Scolytidae). Sont alors discutés les rôles joués par chacun d'entre eux dans l'apparition et l'évolution du dépérissement. De cette analyse il ressort que par sa présence quasi constante sur les arbres moribonds ou morts et par sa très grande abondance, *P. notatus* se révèle être l'agent le plus destructeur dans le phénomène observé.

Après une présentation sommaire de ce ravageur sont précisées les modalités générales de ses attaques (populations « pionnières », population de « colonisation », résistance des arbres en fonction de l'âge, zone préférentielle de ponte, etc.).

Une étude de l'évolution spatio-temporelle du dépérissement menée en parallèle avec la quantification des populations du charançon confirme bien le rôle primordial joué par ce ravageur et atteste du lien étroit qui unit dynamique des populations de *P. notatus* et dégâts enregistrés.

La deuxième partie du mémoire porte sur l'étude du potentiel de multiplication de *P. notatus*. Sont examinés successivement : son cycle biologique, sa fécondité et son taux de survie.

D'après les observations effectuées dans la nature et l'expérimentation menée en laboratoire, il apparaît que la durée de son cycle biologique est très fortement conditionnée par la

température. Des optima thermiques de développement propres à chaque stade sont mis en évidence ainsi que la possibilité pour cet insecte de présenter une diapause larvaire facultative induite très probablement par la photopériode subie par les adultes. La vitesse du développement sous-cortical ainsi que les périodes d'activité générale et de ponte des adultes étant déterminées en fonction des conditions climatiques, des interprétations des cycles biologiques observés en Forêt de Bouconne et dans d'autres régions de France et d'Europe sont proposées.

L'étude du potentiel de ponte de cet insecte fait l'objet d'un chapitre particulier. Les relevés portant sur la ponte journalière moyenne déposée par les femelles accouplées et élevées à diverses températures donnent lieu à une discussion sur l'existence et la durée de plusieurs cycles ovariens révélés par plusieurs méthodes d'analyse. Dans la production ovarienne totale sont examinés les rôles de l'accouplement, de l'hibernation, de la qualité alimentaire et de facteurs abiotiques tels que la température et la photopériode. Bien que sa fécondité potentielle soit remarquablement élevée dans une gamme de température assez étendue, son expression réelle dans la nature est discutable et paraît fortement aléatoire dans la mesure où il est mis en évidence que l'accouplement est obligatoire et que la rencontre des sexes se fait au hasard.

Dans le dernier chapitre est abordée l'étude du taux de survie de ce ravageur au cours de son développement sous-cortical et à l'état adulte. Dans un premier temps est déterminé le taux de mortalité spontanée, d'origine endogène (génotypique ou phénotypique) relevé dans des conditions optimales de vie. Puis est envisagée l'étude du taux de survie dans la nature et la bioécologie de ce ravageur en Forêt de Bouconne est présentée. L'impact des facteurs abiotiques (température) et biotiques (prédateurs, parasites) sur l'évolution numérique des populations naturelles de *P. notatus* est précisé jusqu'au stade adulte. Mais le taux de survie réel des imago dans la nature n'a pu être défini. Toutefois des études de comportement des adultes ayant montré qu'ils sont, semble-t-il, incapables de repérer à distance les supports convenant aussi bien à leur alimentation qu'à leur oviposition et que tous leurs déplacements se font au hasard, on peut penser que leur taux de survie est assez faible et qu'il est avant tout conditionné par l'état sanitaire de la Forêt et par la densité des peuplements rencontrés.

La conclusion met l'accent sur les remarquables facultés adaptatives de ce ravageur qui expliquent sa très large répartition géographique. Elle souligne également l'importance des caractéristiques des peuplements en pins qui sont déterminants dans la dynamique des populations de cet insecte.

Pierre ARPIN. — Les Nématodes libres indicateurs de la nature et de l'évolution des humus forestiers. Thèse de Doctorat d'Etat soutenue le 25 février 1985 au Muséum National d'Histoire Naturelle (Brunoy). JURY : MM. C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE, R. BARBAULT, A. CHABAUD, M. LUC, Y. TURQUIER.

Il s'agit d'un mémoire synthétique traitant de deux aspects complémentaires : l'étude de l'évolution des groupements trophiques ou des espèces qui les composent (diversité et spectre trophique) au sein de systèmes et l'influence des types d'humus sur la localisation et la répartition des espèces de nématodes (composition et richesse spécifiques). Principalement axées sur les écosystèmes forestiers du sud de Paris (climat tempéré humide) ces recherches veulent apporter des précisions et une meilleure définition de la place et du rôle des nématodes à vie libre au sein des humus forestiers, dans la décomposition des matières organiques. Mais également le but principal est de montrer que la nématofaune constitue un

excellent outil écologique permettant de caractériser des phénomènes pédobiologiques.

La première partie est consacrée aux aspects fonctionnels d'un système, avec l'analyse des biocénoses vue sous l'angle nutritionnel, moteur essentiel des transformations se déroulant au sein des systèmes. L'étude comportementale des ensembles trophiques (nématodes bactériophages, myco-phages, micro-herbivores, phytoparasites, prédateurs) permet d'aborder avec plus de compréhension la dynamique spatiale et temporelle d'un système forestier.

1 — Elle favorise tout d'abord la comparaison entre biotopes. On propose en exemple l'analyse de trois stations de même âge en forêt d'Orléans, dans le cadre des programmes PIREN (influence des monocultures de résineux et alternative possible) : une chênaie pure, un peuplement de pins sylvestres et un peuplement mélangé, chacun ayant donné naissance à un type d'humus différent. L'analyse des groupements trophiques permet de souligner l'influence de l'implantation récente des résineux.

2 — Elle rend compte de toute perturbation ou déséquilibre naturels ou provoqués : on prend pour exemple l'étude des réactions des populations de nématodes à la privation des apports annuels de litière, dans une rendzine forestière, de même que l'étude des réactions à un stress physique important (facteur hydrique).

3 — Par l'observation des successions de faunes (groupements trophiques et espèces à l'intérieur des groupements) il est possible d'aborder l'aspect fonctionnel d'un système et notamment les liens unissant la microflore bactérienne et les nématodes. A partir de l'observation de coupes de tubes digestifs de nématodes en microscopie électronique à transmission, du comportement de nématodes bactériophages dans des modèles expérimentaux ou sur le terrain on apporte des précisions sur la nature des relations microflore/nématodes où se côtoient constamment des phénomènes de nutrition et symbiose, de dissémination des germes et de régulation des populations bactériennes, d'attraction des vers par les produits issus du métabolisme bactérien et de concurrence entre la microflore présente dans un milieu et celle associée au nématode. L'ensemble de ces relations associé à la présence d'une espèce, à sa densité, à son abondance relative permet de mieux saisir l'importance et l'impact des cycles trophiques et spécifiques sur l'évolution des matières organiques et donc sur la nature de l'humus.

Du comportement général de la nématofaune dans les différents exemples analysés dans cette première partie, on fera une double proposition, l'une concernant le sol considéré comme une juxtaposition de deux systèmes interconnectés (horizon de surface dépendant des apports de litière et des pluviométriques, horizon de profondeur dépendant davantage du système végétatif souterrain) et l'autre concernant l'impact de la végétation et du type d'humus sur les nématodes à vie libre et pouvant se résumer ainsi : à un type de sol donné correspondrait apparemment une nématofaune spécifique, quelle que soit la végétation portée par ce sol, dans les limites de stabilité du type d'humus considéré.

La deuxième partie est consacrée à l'étude des relations entre les types d'humus et les nématodes, en prenant comme exemple le cas particulier des Mononchida, nématodes prédateurs. Après avoir justifié du choix de nématodes prédateurs pour caractériser des phénomènes pédobiologiques on aborde dans le premier chapitre l'analyse de la répartition des espèces de Mononchida, à partir des prospections bimestrielles dans 28 biotopes forestiers. Bien qu'il existe des localisations préférentielles pour certaines espèces, il est plus intéressant, par l'étude de l'abondance relative des espèces, d'individualiser progressivement des groupements spécifiques caractéristiques des humus prospectés et que l'on peut interpréter en termes d'indicateurs pédobiologiques. Un

exemple montre l'intérêt et la souplesse de ce matériel biologique.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de la variabilité intra-spécifique chez une espèce ubiquiste, *Prionchulus punctatus*. L'observation et la mesure de 13 caractères dans des populations de plus de 300 adultes recueillis dans des types d'humus différents et interprétés par une analyse factorielle des correspondances, montrent que cette espèce, par ses types morphologiques, se comporte comme un bon indicateur des phénomènes pédobiologiques.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude de l'hétérogénéité des sols. En effet, les exemples précédents s'adressaient à des biotopes dont les caractéristiques pédologiques étaient relativement bien tranchées. Or il arrive fréquemment que sous même essence forestière dominante et sur de courtes distances on note une hétérogénéité des types d'humus. Prenant comme exemple trois biotopes voisins situés à 30 m les uns des autres et développant trois humus différents, l'analyse de l'évolution de groupements spécifiques des Mononchida et des variations morphométriques de l'espèce ubiquiste *P. punctatus* rend compte non seulement de l'hétérogénéité du milieu mais aussi de l'origine et de l'histoire évolutive d'un biotope.

Du comportement général des Mononchida, on retiendra deux points essentiels :

1 — La sensibilité de ces animaux est telle que leur analyse est souvent plus indicative que les données chimiques.

2 — Il est important de constater que la nature du matériel foliaire dominant n'a qu'une faible importance sur le comportement des espèces et l'évolution des groupements spécifiques. La convergence entre les observations pédologiques et faunistiques confirme le concept énoncé en fin de première partie.

Dans la conclusion générale, on aborde d'une part, des perspectives de recherche pour une meilleure gestion des sols forestiers et une meilleure définition de l'impact des animaux dans la transformation des matières organiques. D'autre part, il est proposé un concept d'évolution des faunes nématologiques qui vient tempérer les notions de cosmopolitisme de la plupart des espèces et de diversité des habitats dans lesquels une même espèce peut se rencontrer.

Guy ROBART. — Végétation de Haïti. 1er mémoire : Étude écologique de l'île de Gonave. Processus d'anthropisation d'un ensemble insulaire tropical. 149 p., 1 carte hors-texte couleur.

— 2e mémoire : Haïti région tropicale dégradée en voie d'aménagement. 213 p., 10 pl. photo. — Thèse de Doctorat d'État, Université de Grenoble I, soutenue le 21 mai 1984. JURY : P. LEGRIS, Président ; P. OZENDA, Y. BRAVARD, L. RICHARD, R. SCHNELL, J.H. DURAND.

L'île d'Hispaniola est l'une des Grandes Antilles ; elle est partagée entre les républiques de Haïti (27.000 km²) à l'ouest et de St. Domingue (50.000 km²) à l'est. Elle est située sous une latitude moyenne de 19°N, et de relief accidenté (culminant à plus de 3.000 m). La dégradation avancée de la végétation et des sols serait de nature à rebuter toute étude ; cependant l'auteur, en a réalisé une analyse détaillée publiée sous forme de deux mémoires indépendants, le premier sur l'île de la Gonave, dépendance de Haïti située à peu de distance de l'île principale, le second sur l'ensemble du territoire haïtien.

I — L'ÎLE DE LA GONAVE

D'une superficie de 650 km², elle est reliée à l'île principale

dite «Grande Terre» par un plateau continental parsemé d'îlets coralliens et elle est elle-même constituée aux trois quarts par cette formation zoogène. Malgré un substrat géologique uniquement calcaire et un relief modeste (altitude maximale : 770 mètres) qui ne la place qu'en bioclimat tropical inférieur, elle montre une assez large diversité d'écosystèmes qui lui confère une certaine représentativité des conditions écologiques caraïbes.

A la flore étudiée au début du siècle par quelques auteurs, dont les importants travaux d'ELKMAN, il a été apporté des compléments concernant en particulier la comparaison avec les autres Antilles et l'évolution de cette flore. L'étude des associations végétales, celle des sols et l'apport de précisions climatiques ont permis d'établir une classification des écosystèmes rencontrés sur l'île, sujet qui n'avait pas été entrepris jusqu'à ce jour.

Le but de ce travail sur l'île de la Gonave a été d'établir non seulement une étude monographique, mais surtout un point de départ de comparaisons ultérieures avec une documentation recueillie sur la Grande Terre, dans le monde des Caraïbes et en d'autres régions tropicales, subtropicales et même tempérées chaudes du globe. Ce travail s'est orienté en quatre directions.

1 — Une étude du milieu a conduit à préciser des données jusqu'ici très incomplètes sur la pédologie et la climatologie de l'île. Les sols des biotopes côtiers, principalement ceux des mangroves, ont été les plus étudiés. Une recherche particulière de l'eau douce, dont la présence est rare sur l'île, a été faite. Les données climatiques disponibles sur l'île étaient ou bien inexistantes (températures), ou trop récentes et insuffisantes (précipitations). Une interprétation bioclimatique a été tentée d'après la végétation, les sols et la géomorphologie ; une carte bioclimatique en est la conclusion. Des informations peuvent dès lors être apportées à des travaux plus généraux ou à des applications agronomiques postérieures.

2 — Les difficultés d'accès et de parcours sur l'île n'ont pas permis d'utiliser des méthodes d'analyse biocénologique identiques à celles des travaux européens. Cependant de nombreux relevés floristiques, complétés si possible par des notations d'abondance-dominance, ont permis d'identifier des groupements végétaux et même, dans des milieux souvent très dégradés, de retrouver les écosystèmes climax. Sont décrites successivement la végétation marine immergée, les formations littorales divisées en six séries, et surtout les formations intérieures réparties en quatre ensembles étagés : sclérophylle semi-caducifolié, scléromésophile semi-caducifolié, mésophile subserpervirent, hygromésophile.

3 — Une synthèse cartographique de la végétation bioclimatique des écosystèmes-climax et de leur physionomie actuelle est donnée sous forme d'une carte en couleur au 1/75.000. Elle permet de mettre en évidence la disposition des forêts et leur évolution, de montrer par la topographie et le peuplement les raisons locales de leur conservation ou de leur disparition.

4 — L'impact de la population humaine sur la végétation de l'île est assez récent (trois siècles environ). Les différentes étapes de la dégradation du tapis végétal, qui ont été identifiées, l'ont amenée à un stade final peut-être irréversible. Les processus de cette action de l'homme sont décrits, ainsi que les états actuels atteints par la végétation. Les documents descriptifs de cette évolution sur l'île permettent de comparer cette anthropisation de la végétation avec des régions aux civilisations plus anciennes où les premières agressions n'ont laissé aucun vestige et où l'évolution s'est poursuivie par une phase moderne. L'aménagement de l'île peut, grâce à la vigueur de sa végétation tropicale et au prix d'un mode d'exploitation rationnel, offrir les chances d'une réversibilité. Son modèle pourrait être alors transposé au cas d'autres systèmes insulaires tropicaux.

III — LA «GRANDE TERRE»

Le second mémoire («Végétation de la République de Haïti : région tropicale dégradée en voie d'aménagement») est la suite logique du précédent.

C'est la partie ouest de l'île d'Hispaniola, ou République d'Haïti, qui est plus particulièrement étudiée par l'auteur.

Le relief est ici accentué et atteint 2.700 m. Le sous-sol est varié (calcaire, basalte, diorite) ; les affleurements sédimentaires sont post-jurassiques. L'occupation par l'homme y est plus ancienne et plus intense. Les grandes plaines ont été irriguées, travaillées, mises en cultures industrielles : Canne à sucre, Sisal, Banane. Les sommets de 800 à 1.000 mètres ont été déboisés pour leur mise en monoculture caféière. De grandes forêts de pins couvraient originellement les sommets les plus hauts. Des sols bauxitiques sont exploités comme minerais. L'exploitation inconsiderée des ressources naturelles de ce pays a surpopulation (5 millions d'habitants en République d'Haïti ; soit 180 hab./km²) le place non seulement dans les pays les plus pauvres, mais aussi les plus menacés, de façon irréversible, par la disparition de la végétation et des sols.

Dans une première partie du mémoire, l'île est située dans son milieu géographique, géologique, climatique. Une étude des «sols rouges» faite en coopération avec l'ORSTOM-Guadeloupe est exposée. Dans ce pays au relief accusé, au régime pluvial important et violent, la mauvaise utilisation agricole des sols (friches, sols mis à nu avant les pluies) a provoqué l'entraînement de ceux-ci vers la mer. L'érosion est intense et détermine une aridité d'origine édaphique spectaculaire. Certains sols résiduels présentent fertilité et bauxitisation ; ils font l'objet d'une exploitation minière poussée jusqu'à la roche-mère lorsque leur rentabilité est reconnue.

Cinquante-neuf diagrammes ombrothermiques (selon BAGNOLLS et GAUSSEN) illustrent la climatologie et permettent de distinguer sept zones géographiques. Un rappel est fait sur l'utilisation de ces données dans la cartographie actuelle des régions d'Amérique centrale et Caraïbes selon le diagramme de L.R. HOLDRIDGE.

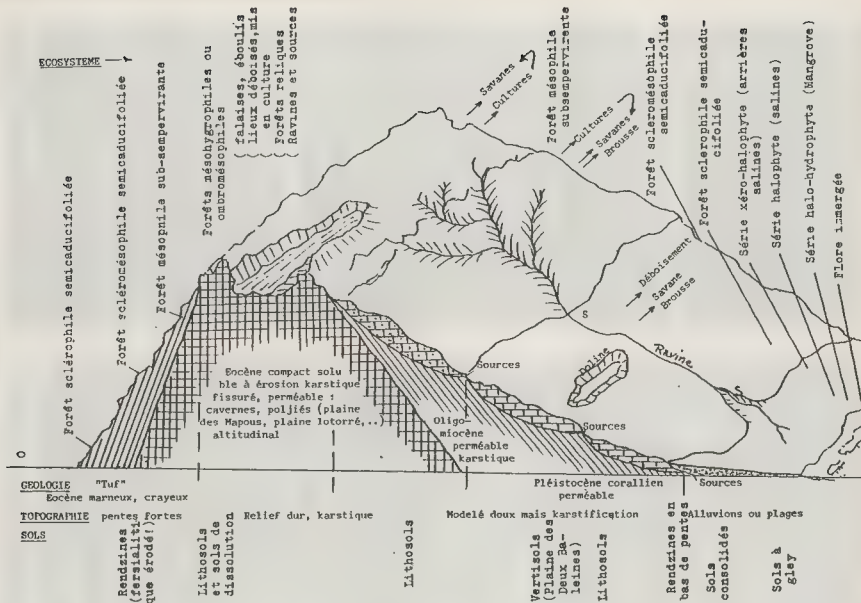
L'étude de la végétation (chapitre II) constitue la plus importante partie de ce second mémoire. Elle s'ouvre sur des considérations floristiques (historique de l'exploration botanique, évaluation numérique, endémisme, affinités, formations végétales) et se poursuit par l'étude d'unités de végétation concernant des biotopes définis, qui permet de mettre en évidence l'anthropisation de ces milieux et leur degré d'évolution plus ou moins poussé. Dans cette énumération l'auteur fait en partie référence à ses publications antérieures.

Les îlets coralliens sont de faible surface mais présentent une dynamique naturelle étudiée statistiquement sur trois de ces îlets coralliens du golfe de la Gonave (*Revue Fac. Ethnologie*, Haïti, 1975).

Des îles de dimensions supérieures présentant des substrats plus variés soulignent une pression accrue consécutive à l'occupation, mais où subsiste encore un certain équilibre homme-milieu (Végétation et écologie végétale de l'île à Vaches, (*Revue Conjonction*, Haïti, 1974).

Les mangroves, pauvres en espèces mais encore de belle venue montrent qu'aujourd'hui leur présence est dans certains cas (proximités urbaines) en péril. La pollution chimique est cependant peu connue en Haïti.

Les eaux douces ont fait l'objet d'une étude parallèle à des recherches sur la transmission des helminthoses humaines et animales-domestiques. Le cadre des frontières a été ici dépassé et a permis une coopération entre des scientifiques



Bloc diagramme transversal de l'île de la Gonave : la lecture de ce transect de bas en haut montre la géologie, la topographie, les sols, l'étagement de la végétation climacique et son dynamisme.

des deux républiques voisines, Haïti et Saint-Domingue (ROBERT G., MANDAL BARTH G., RIPPET C., 1976. Inventaire, répartition géographique et écologie des mollusques dulçaquicoles d'Haïti. *Rev. d'Agric. Fac. et Méd. Vétér. Damme Haïti*).

Les zones arides, dans cette région tropicale insulaire, présentent une répartition d'origine climatique ou édaphique, mais secondairement et principalement aujourd'hui d'origine anthropique, avec installation de faciès à épiphytes et cactacées. La savanisation est importante à toutes altitudes. Le terme créé sur ce territoire par les premiers espagnols est illustré par un faciès savane arborée très claire sur de vastes étendues, dont l'origine est imprécise, et par des savanes herbacées en bordure de côtes plates alluviales ou en altitude sur «Mornes» dénudés et érodés.

Aux altitudes de 1 000 m, déforestées pour la mise en culture du café, le déboisement est total. Un climat favorable permet l'installation d'une forte population. Certaines exploitations cafénières sont entretenues, mais nombreuses sont les cultures très dégradées ou abandonnées, les caféiers ne subsistant qu'autour des habitations dispersées. Les sommets dénudés sont, malgré le bioclimat humide frais, devenus de véritables déserts pierreux aux sols résiduels, squelettiques comme on en retrouve en certaines montagnes maghrébines.

Ce modèle haïtien d'anthropisation incontrôlée des biocénoses se retrouve en d'autres régions du monde qui font l'objet d'une étude comparative dans la dernière partie du mémoire :

- les îles de Cuba, Jamaïque et Porto-Rico, territoires insulaires les plus voisins de Haïti ;
- les Petites Antilles, qui montrent en Dominique un milieu relativement préservé, à la Barbade un agro-écosystème généralisé, à la Martinique une pression anthropique allant jusqu'à la pollution mais comportant des mesures d'aménagement ;
- l'île de la Réunion, située en région tropicale australe et où les problèmes sont assez semblables à ceux de la Martinique ;
- des terres continentales (Inde, Maghreb) ou de dimensions subcontinentales (Madagascar) où la forte pression démographique se manifeste selon des processus différents de ceux des îles. Pourtant le Maghreb algérien par exemple n'est pas sans analogie avec le modèle haïtien : montagnes dénudées, bassins versants érodés, changements climatiques locaux, désertification menaçante ; mais la lutte antiérosive y est déjà sérieusement engagée.

Marie-Claude LECLERC. — *Alimentation azotée des plantes des dunes littorales de la Méditerranée. Relation avec la disponibilité en eau et en azote du sol.* Thèse de Doctorat d'État des Sciences soutenue le 22 mai 1985 à l'USTL, Montpellier, 142 p., 30 tabl., 31 fig. JURY : P. LOSSAINT (Président),

J.P. LARPENT, M. MACHEIX, Mme N. PARIS, L. SAL-SAC, B. SAUGIER.

On a pu quantifier certains compartiments du cycle de l'azote des écosystèmes dunaires de la Méditerranée occidentale, et préciser leur évolution au cours des saisons. Ceci permet de mieux cerner leur fonctionnement général. On a notamment pu mettre en évidence le rôle fondamental du facteur eau dans la relation sol-plante et dans différentes réponses physiologiques des plantes.

La minéralisation de l'azote dans les sols est faible mais active toute l'année, compte-tenu de conditions pédoclimatiques jamais extrêmes pour la microflore. Dans les dunes littorales, les teneurs en azote minéral des sols, de même que la production nette d'azote sont de deux à trois fois moindres que dans les dunes intérieures, en rapport avec le contenu en matière organique de sols. Les eaux de minéralisation annuelle et les taux de nitrification sont pour les cinq stations, très élevés comparativement à d'autres milieux. Quelles que soient les stations et les périodes de l'année, les concentrations en nitrate dans la solution du sol ne sont jamais limitantes pour le prélèvement racinaire.

Une fixation d'azote atmosphérique non négligeable existe au niveau des plages algales de *Nostoc commune* Vaucher. De même on présume une fixation importante dans la rhizosphère d'*Ammophila arenaria*, qui serait liée à une forte exsudation racinaire. Cette fixation pourrait expliquer l'azotomasse élevée de la végétation.

Les activités nitrate réductase (N.R.) foliaires de cinq espèces diminuent significativement avec l'humidité du sol, alors que parallèlement des quantités croissantes de nitrate s'accumulent dans les mêmes organes. La disponibilité du nitrate du sol par l'intermédiaire du flux d'eau sol-plante-atmosphère apparaît comme un facteur extrinsèque important dans le contrôle de la nutrition nitrique. Les activités N.R. mesurées *in vivo* avec apport de nitrate, ne permettent pas d'estimer l'assimilation réelle du nitrate, mais seulement de visualiser le comportement d'une espèce au cours de son cycle de développement annuel et de comparer les comportements inter-spécifiques.

Les activités glutamate deshydrogénase foliaires d'*Artemisia campestris* ne cessent d'augmenter à partir de mai. Ce enzyme intervenant dans le catabolisme, peut jouer un rôle important dans l'adaptation à la sécheresse de cette espèce qui, en été a une activité métabolique puisqu'elle différencie ses hampe florales.

La glutamine synthétase foliaire qui fonctionne en périodes sèches à l'inverse de la nitrate réductase pour les espèces *Ammophila arenaria* et *Malcolmia littorea*, intervient en dehors de la voie d'assimilation du nitrate, éventuellement dans le cycle de photorespiration.

Ces milieux aux sols pauvres et périodiquement secs sont caractérisés par une activité biologique des sols et des plantes faible mais toujours possible au cours de l'année.

ANALYSES D'OUVRAGES

M. LAMOTTE (éditeur), 1985. — *Fondements rationnels de l'aménagement d'un territoire*. Un volume, 175 pages. Masson, Paris. 180 F.

Cet ouvrage collectif publié en 1985 par les Editions Masson, sous la direction de M. LAMOTTE, est ambitieux à juste titre.

En effet, poser les bases techniques préalables à l'aménagement du territoire, pour éviter qu'il ne soit qu'un déménagement, est essentiel et n'est pas forcément évident. Le but de l'ouvrage est, plus exactement, de montrer tous les aspects à prendre en compte lorsque l'aménagement d'un territoire est envisagé, «objectif... qui ne relève pas d'une discipline particulière».

C'est pourquoi les points de vue de spécialistes de formation diverse sont présentés, spécialistes de terrain qui, partis d'expériences variées, hiérarchisent les paramètres importants à étudier en les assortissant, souvent, d'exemples concrets.

Les opérations partent d'un cadre politique et, au début de l'ouvrage, Ph. PINCHEMEL montre l'ambiguïté même des termes : aménagement et territoire. Après avoir souligné l'échec quasi général des politiques menées, il précise sa position de géographe sur le partage de l'espace qui, à mon sens, ne tient compte que des structures et non des ressources naturelles, mais souligne à juste titre la valeur des paysages comme intégrateurs. C'est une valeur encore bien peu perçue en France !

Les opérations aboutissent à l'homme et il est important de percevoir la signification de l'espace, de son aménagement, du développement, jusqu'aux changements sociaux qu'ils impliquent. A travers les besoins collectifs et les aspirations des citoyens, J.P. PROD'HOMME situe les conflits, montre la gradation des pouvoirs. L'action des sciences humaines devrait être, par une suite d'analyses et d'enquêtes, d'aboutir à une participation réelle de la population aux projets.

L'ensemble des chapitres techniques propose des concepts et des méthodologies, relatives par exemple au «développement de l'espace rural... qui réalise... une utilisation optimale des ressources en terre, en eaux, en végétaux, en animaux». Il s'agit du développement prenant en compte les bases écologiques, au sens où G. LONG le présente (sens du M.A.B.) à la fois au travers d'exemples concrets dans les zones arides et semi-arides mais, aussi, dans la manière de poser les problèmes. Il analyse les niveaux de perception de l'approche systémique, la seule capable de faire comprendre l'organisation d'un territoire ; il insiste sur la nature des données écologiques à recueillir, leur classement et développe l'exemple du diagnostic phyto-écologique, pour finir par l'utilisation de ces données en aménagement.

C'est par la complexification des ensembles de systèmes écologiques que terminent P. BLANDIN et M. LAMOTTE. Montrant que toute biologie est systémique, mais à des échelles diverses, ils discutent de la notion de système et de

son utilisation ; ils restituent l'écosystème, ses fonctions, ses capacités d'évolution et d'adaptation. La méthodologie d'intervention des écologues est explicitée sur ces bases, une connaissance de la typologie des écosystèmes étant indispensable (fonctions, écosystème, cartographie) pour réaliser un bilan global.

Deux études très précises sur l'apport de la géomorphologie (J. TRICART) et de la pédologie (G. AUBERT) viennent à l'appui de ces méthodes d'approche des écosystèmes. Elles situent les sols à l'interface climat-géologie, comme des ensembles parcourus par des flux, d'eau notamment, de minéraux, dont la dynamique s'étudie à travers un certain nombre de paramètres. Des exemples intéressants montrent combien les techniques peuvent être diversifiées selon les buts de l'aménagement.

Un livre à lire, une approche écologique intéressante de maints problèmes montrant combien tout est systémique dans la biosphère, mais aussi combien nous sommes dépourvus de données, grâce à une politique d'incompréhension qui entrave le développement d'une science de base : l'Écologie.

G. RICOUD

W. WATTHEY, E. DELLA SANTA et C. WANNENMACHER. — *Manuel pratique d'écologie*. Payot, Lausanne éditeur, 1984. Un volume 264 pages. Prix 98 francs français

Cet ouvrage vient certainement combler une lacune. En effet s'il existe en langue française des ouvrages théoriques qui exposent les principes de l'écologie, il n'existe pas encore de manuel pratique proposant aux enseignants et aux élèves des exercices pratiques d'écologie. Les auteurs commencent par rappeler brièvement quelques concepts fondamentaux de l'écologie. Ils insistent fort justement sur le fait que l'écologie est devenue un vocabulaire à la mode mais que ce n'est «ni une idéologie, ni une attitude morale, mais une science».

Le plan de l'ouvrage est le suivant. Un chapitre décrit les méthodes d'étude sur le terrain qui sont employées dans l'ouvrage : description du biotope, description des biocénoses, méthodes d'échantillonnage, détermination de la productivité. Ensuite vient l'étude de 7 milieux : le cours d'eau, le lac, la ville, le mur, le sol et ses annexes, la prairie, la forêt. Pour chaque chapitre est proposé : une description du milieu ; la liste du matériel utilisé pour l'étude du milieu et éventuellement des conseils pour sa fabrication ; une étude de la végétation ; une étude de la faune et des biocénoses ; enfin le travail pratique sur le terrain et au laboratoire. Les aspects théoriques et pratiques de l'étude du milieu, de la flore et de la faune sont constamment soulignés ; des clés simples de détermination de la faune sont fournies.

Les milieux, choisis évidemment en Suisse, pourront aisé-

ment être transposés à des milieux analogues en France. Notons l'intérêt de l'étude consacrée à la ville et au mur pour les enseignants qui sont loin de la campagne. En outre les exercices proposés ont été conçus pour être réalisés avec peu de moyens (l'équipement des établissements d'enseignement secondaire est souvent pauvre). Ce manuel original, richement illustré, dont chaque chapitre est pourvu d'une bibliographie sera certainement très utile à tous les enseignants, de l'enseignement secondaire et aussi de l'enseignement supérieur.

R. DAJOZ

James W. MOORE et S. RAMAMOORTHY. — *Organic chemicals in natural waters. Applied monitoring and impact assessment*. Springer éditeur, New-York et Berlin, 1984. Un volume relié 289 pages. Prix : 129 DM.

Ce volume vient en complément de *Heavy metals in natural waters*, par les mêmes auteurs. Il renferme une revue exhaustive sur la pollution des eaux par les composés organiques les plus répandus : hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, pesticides organochlorés, produits pétroliers, phénols, PCB. Pour chaque catégorie de composé les auteurs traitent successivement de la production, de l'utilisation, des causes de rejet dans le milieu aquatique, du comportement du polluant et de son devenir (photolyse, oxydation, biotransformation, etc.), de la toxicité et de l'impact sur le milieu, la flore, la faune et l'homme. Il s'agit d'un ouvrage de synthèse qui sera utile à tous ceux qui s'intéressent à la protection du milieu aquatique et aux pollutions.

R. DAJOZ

R. PRELLI. — *Guide des fougères et plantes alliées*. Lechevalier éditeur, Paris, 1985. Un volume relié 13,5 × 21 cm, 200 pages, 176 figures. Prix : 150 F.

Première flore de France consacrée uniquement aux Pteridophytes cet ouvrage est un « panorama complet de l'ensemble des espèces actuellement connues sur notre territoire continental et en Corse ». Ce guide comprend deux parties. Une partie générale renferme des données, bien à jour, sur la morphologie, les cycles de développement, les chromosomes ; puis un aperçu de la classification générale des Pteridophytes, de l'écologie et de la répartition géographique, enfin de l'évolution du groupe au cours des temps géologiques. Les renseignements relatifs à la reproduction, au développement, aux hybrides et aux polyploïdes sont nombreux.

La deuxième partie est une flore proprement dite qui énumère les 113 espèces indigènes actuellement recensées, donne leurs caractères spécifiques, avec une abondante illustration et des renseignements sur l'écologie et la répartition de chaque taxon. On notera que la localisation des espèces rares est souvent mentionnée d'une façon très large, ce qui est sans doute un moyen efficace de protection contre les collectionneurs trop passionnés. Cette partie systématique est bien à jour, en ce qui concerne la nomenclature en particulier. Les espèces récemment reconnues sont traitées avec soin (par exemple le groupe de *Polypodium vulgare*). Les hybrides connus sont tous cités.

Cette flore qui va réhabiliter un groupe encore bien négligé sera utile au botaniste de terrain et à l'écologiste qui souhaitera entreprendre une étude de ces végétaux.

R. DAJOZ

HUBER F. et MARKL, H. (1983). — *Neuroethology and Behavioural Physiology ; Roots and Growing Points*. Springer Berlin et New-York, 412 pp., 183 fig. Prix : 80 DM.

En septembre 1982, 36 chercheurs se sont retrouvés à Mayence pour débattre des avancées en Physiologie et en Neuro-Ethologie. Le Symposium était organisé à la mémoire de Kenneth David ROEDER (1908-1979), Biologiste et Humaniste et aussi *The Founding Father of Neuro-Ethology*.

Cette science essaie de faire le point entre Neuro-Physiologie et Biologie du comportement. Elle essaie aussi de comprendre par une démarche expérimentale les bases nerveuses du comportement (cf. également EWERT, J.P. 1976 — *Neuro-Ethologie*, Springer Berlin 259 pp.).

Les contributions au Symposium publiées dans ce volume sont le miroir de la recherche la plus récente, elles essaient de développer des concepts nouveaux et font apparaître également une concentration excessive de la recherche expérimentale sur les Hexapodes ; peut-être par une manipulation relativement simple !?

Voici en 5 chapitres thématiques les sujets traités :

I — Neural Bases of Motor Systems

On the Way of Neuroethology : The Identified Neuron Approach — Local Interneurones and the Control of Movement in Insects — The Interaction of Peripheral and Central Components in Insect Locomotion — A Neuroethological Approach to the Phylogeny of Leg Stridulation in Gomphocerine Grasshoppers.

II — Sensory Strategies of Adaptation

K.D. ROEDER and the History of Chemoreception — Olfactory Food and the Mate Recognition — Species Recognition and Acoustic Localization in Acridid Grasshoppers, A Behavioural approach — Neural Correlates of Orthopteran and Cicada Phonotaxis — Frequency and Temporal Processing in the Auditory System of Anurans — Optics and Accommodation in Owls and Flying Foxes.

III — Neuronal Development and Behavioural Plasticity

Insect Ecdysis : A System for the Study of Internal Chemicals That Control Behaviour — Maps in the Insect Nervous System, Their Implication for Synaptic Connectivity and Target Location in the Real World — Neuroethological Studies of Associative Learning in Feeding Control Systems — Learning by Honeybees in a Unnatural Situation — The Search for Neural Correlates of Learning in the Honeybee.

IV — Predator — Prey — Relationships

Moth Hearing and Bat Sounds : The History of Collaboration — The Acoustical Image of Fluttering Insects in Echo-locating Bats — How Insects Detect and Avoid Bats — Interception of Flying Insects by Bats — Echolocation and Adaptivity to Ecological Constraints — Neuroethology of Acoustic Prey Localization in the Barn Owl.

V — Ecological Aspects of Social Relations and Orientation

Strategies for Acoustic Communication in Complex Environments — Vibrational Communication — Chemical Manipulation, Enemy Specification and Intercolony Communication in Ant Communities — Celestial and Terrestrial Navigation : Human Strategies-Insect Strategies — Towards Understanding the Flow of Information Between Objective and Subjective Space.

Epilogue : Neurobiological Roots and Neuroethological Sprouts !

Armin HEYMER

REICHHOLF-RIEHM Helgard et Gérard Chr. LUQUET, 1984. — *Les papillons*, 268 pp., nombreuses photos couleur, Editions SOLAR, Paris. Guide vert poche : 60 Francs.

Introduction courte sur la structure d'un papillon et sur les principaux types de dessins des différentes familles. Un type sympathique de disposition typographique permet de voir l'animal, sa chenille éventuellement avec un cadrage direct sur le texte. En ce livre aussi le vaste cadre des nocturnes n'est pas délaissé ainsi qu'il l'est d'habitude et le recouvrement avec le livre de CARTER n'est que très fragmentaire. Donc beaucoup d'images compléteront le précédent. Quelques pages plus générales sur la protection de la nature et l'impact de l'homme terminent l'ouvrage.

C.D.D.

CARTER David, 1984. — *Les Papillons de France et d'Europe*. Editions SOLAR, Paris, 192 pp., nombreuses photos en couleur, 22 X 30, 110 francs.

Véritable festival de photos avec pour chaque espèce des renseignements sur la répartition, les biotopes fréquentés et les plantes parasitées, ainsi que la période de vol. Une caractéristique intéressante est de donner beaucoup de photos et de renseignements sur les « papillons de nuit » et non pas seulement sur les sempiternels Rhopalocères. Quelques chenilles sont également figurées. Excellente initiation aux Lépidoptères. Le texte a été adapté de l'anglais par Joël MINET.

C.D.D.

CHAUVIN Georges, 1984. — *Connaître et reconnaître les animaux des forêts*. Ouest-France, 38 rue du Pré-Botté, 35100 RENNES, 159 pp., nombreuses figures en noir et en couleur.

Tous les groupes sont passés en revue, Vertébrés et Invertébrés. La partie consacrée à ces derniers est sans doute non pas plus originale, mais moins bien connue du public. Dans l'ensemble, les illustrations sont excellentes, sauf certaines prises au microscope électronique à balayage qui sont très contrastées.

Le parcours général de l'ouvrage reste très valable pour tous les jeunes, étudiants ou non.

C.D.D.

DEVARENNE Michel, 1983. — *Guide des Papillons dans leur milieu naturel*. 139 pp., nombreuses photos couleur, Editions DUCULOT, 16 rue Séguier, 75005 PARIS et rue de la Postene, B 5800 GEMBOUX (Belgique).

BALLASINA Donato, 1984. — *Guide des Amphibiens d'Europe dans leur milieu naturel*. 139 pages, nombreuses figures en couleur, Editions DUCULOT.

DELFORGE Pierre et TYTECA David, 1984. — *Guide des Orchidées d'Europe dans leur milieu naturel*. 192 pp. nombreuses photos, Editions DUCULOT.

WOODWARD Lucia, 1985. — *Guide des plantes vénéneuses*, 191 pp., nombreuses photos en couleur, Editions DUCULOT.

L'ensemble de cette collection est attractif, en dépit d'un mode de présentation par onglets déplaçables qui n'est pas très conforme à la structure mentale des gens plus âgés qui ne sont pas très familiarisés à ce type pédagogique.

L'ensemble de ces volumes est très séduisant. L'illustration en est excellente. Et il y a parfois de très bonnes choses non vues. En particulier en ce qui concerne les Amphibiens et les Orchidées. Il n'est d'ailleurs pas toujours évident qu'il faille donner des stations très précises.

Ce type d'ouvrage est très valable pour le grand public et pour les étudiants, ainsi que pour les élèves guidés par un professeur.

C.D.D.

CHAUVIN Georges, 1984. — *Les poissons d'eau douce*, 32 pages. Editions Ouest-France, 38 rue du Pré-Botté, 35100 RENNES.

Comme dans les autres ouvrages, une rapide présentation des caractères et des étapes de développement. Un commentaire sur les espèces en fonction des répartitions dans un cours d'eau. Excellentes photos.

C.D.D.

CHAUVIN Georges, 1982. — *Les animaux des jardins*, 63 pages. Editions Ouest-France, 38 rue du Pré-Botté, 35100 RENNES.

Excellent texte et nombreuses figures. Particulièrement en ce qui concerne les Mollusques qui, en général, sont relativement ignorés. L'iconographie est excellente (pages 26, 38, 45 par exemple).

C.D.D.

CHAUVIN Georges, 1983. — *La vie dans les dunes*, 64 pages. Editions Ouest-France, 38 rue du Pré-Botté, 35100 RENNES.

Aussi bien en ce qui concerne la flore que la faune, ce fascicule sera un excellent guide pour toutes les personnes qui s'intéressent à la nature. Le fil directeur entre complexe dunaire actif et complexe dunaire ancien est valable sur le plan pédagogique. La dernière partie est consacrée aux périls auxquels sont, hélas, soumis les complexes littoraux.

C.D.D.

CHAUVIN Georges, 1985. — *Connaître et reconnaître les petits animaux des maisons*, 110 pp., nombreuses figures en noir et en couleur. Edit. Ouest-France, 9 rue Surcouf, 35100 Rennes.

Dans une première partie la faune temporaire et les occupants des murs, cloisons et toitures : rats, souris, chauves-souris, hirondelles, lézards et geckos, cloportes, scutigères etc... sont envisagés. Puis la faune permanente et les hôtes qui peuvent s'installer dans les maisons. Animaux des denrées alimentaires, des meubles et des charpentes, des fourrures et

tissus, dangereux ou hôtes utiles. Une excellente revue des diverses catégories de l'écosystème synanthropique.

L'éditeur étant de qualité, et habile, nul doute que cet ouvrage permettra d'instruire beaucoup de foyers de l'importance d'un problème qui est souvent méconnu.

C D D

AUGRIS C. et CRESSARD A., 1984. — *Les granulats marins*, 89 pages. Publication du Centre National pour l'Exploitation des Océans, B.P. 337, 29273 BREST Cedex.

La part des granulats marins dans l'exploitation française est d'environ 2 %. On sait à quel point la demande est forte car en fonction de l'urbanisation, de la protection des sites et de la nécessaire préservation des nappes d'eaux souterraines, les sites d'exploitation à terre sont de plus en plus rares. Les réserves au large sont relativement importantes et ce petit livre, fort bien rédigé, donne la liste des stations, ainsi qu'un grand nombre de détails techniques.

Il est nécessaire que les réserves soient situées à moins de 30 mètres sous le niveau des plus basses mers, qu'il n'existe aucune activité humaine qui pourrait être gênée (pêche, conchyliculture, nautisme, câbles souterrains, routes maritimes, zones de mouillage, zones de défense nationale). Il faut en outre qu'elles soient en dehors des secteurs reconnus comme essentiels à l'équilibre écologique du milieu marin (zones de fraie pour les poissons plats etc.).

Il ne faut pas oublier le rôle de la faune et de la flore benthiques assurant la nourriture des espèces commerciales.

Il y a donc beaucoup de contraintes. Le livre les énumère. Il donne une bonne cartographie des zones exploitées, principalement en Manche et en Atlantique. Toutefois, pourrait-on remarquer que, compte-tenu de ce qui vient d'être dit, les exploitants sont allés souvent au plus facile et ont exploité les zones tout-à-fait littorales, dont aucune ne correspond aux critères ci-dessus énoncés. C'est ainsi que les abers bretons sont devenus des carrières à « mer ouverte » et le simple tableau de la page 68 permet de voir d'une façon remarquable comment prédominent les zones de Lampaul-Plouarzel, Lannilis, Landeda, Saint-Pabu. Ces carrières à « mer ouverte » ont été extrêmement néfastes pour l'équilibre des milieux naturels. Il est remarquable également de signaler qu'elles n'ont absolument pas été surveillées par les autorités chargées de le faire.

L'ouvrage se termine par un aperçu de ce qui se passe dans les autres grands pays et par une bibliographie fort utile concernant les rapports réalisés à la demande du CNEXO, ainsi qu'une bibliographie générale fort bien faite.

Nul doute que tous les membres de la Société d'Ecologie doivent prendre connaissance de ce document de base, qui correspond à une mise au point fort bien faite.

C.D.D

DEMANGEOT Jean, 1976. — *Les espaces naturels tropicaux*, 190 pages nombreux tableaux, planches et figures. Editions Masson, collection géographique, 120 boulevard Saint-Germain, 75280 Paris cedex 06

Excellent ouvrage qui explique parfaitement les problèmes de l'écologie tropicale. Les illustrations sont parfaitement choisies et seront utiles à tous ceux qu'intéresse le sujet.

Nous ne saurions qu'en recommander chaleureusement la lecture et l'utilisation.

C D D

DEMANGEOT Jean, 1984. — *Les milieux « naturels » du globe*, 250 pages, 80 figures. — Editions MASSON, collection géographique, 120 boulevard Saint-Germain, 75280 Paris cedex 06.

Le Professeur DEMANGEOT nous présente un vaste panorama des différents milieux « naturels ». Ainsi que pour l'ouvrage précédent, il s'agit d'un ouvrage de référence, parfaitement construit, qui sera utile à chacun, mais qu'il est bien difficile de présenter sous forme de résumé.

Comme dans l'ouvrage précédent, les illustrations sont parfaitement bien choisies.

C D D

BARASH, D.P., 1980. — *Soziobiologie und Verhalten — Sociobiology and Behavior*. Paul Parey Berlin + Hamburg, 338 pp. + 94 Figs. Prix : 34 DM

La Sociobiologie en tant que système entre Biologie et Sciences sociales nous ouvre de nouvelles voies pour une meilleure compréhension du comportement des êtres organisés y compris l'Homme (Cf. WILSON — *Sociobiology*, 1975). Cette Science s'intéresse dans un but holistique à la multitude organique des formes vitales sociales et nous apporte des informations et des résultats surprenants sur les mécanismes des comportements sociaux. Elle nous montre sous une lumière nouvelle des points d'impacts concernant une analyse biologique de nos structures sociales. L'Éthologie de l'Homme classique nous a déjà apporté de nombreux faits, mais il semble que ce soit encore trop tôt pour une synthèse générale. Dans le comportement des Animaux et de l'Homme, la génétique et la Kin-Selection jouent aujourd'hui un rôle important et il va de soi que l'égoïsme et l'altruisme dont les définitions sont bien plus vastes qu'il y a quelques années, soient des phénomènes antagonistes par excellence. Il me paraît cependant utopique de parler des *Virus altruistes* (p. 82). L'auteur considère l'Homme comme un Primate « peu normal et peu connu » (p. 100), mais il dit nulle part pourquoi. Chaque être a ses particularités, mais personne ne peut mesurer ou juger ce qui est « normal ». Je n'ai pas compris ce que dieu a à faire avec la Sociobiologie (p. 118 + 171)? Je considère aussi fatigant de continuer à parler du problème « Poule ou œuf » (p. 128), un problème légèrement dépassé. Nous savons que le Renard est un animal solitaire, mais il me paraît peu éloquent d'illustrer ce fait par une photo prise en captivité, cf. aussi Fig. 45 p. 146; On ne voit rien, surtout pas le « trépanement » de *Larus argentatus*, *Icterus parietalis*, la production of offspring by an organism in successive groups et *Semelpartite*, la production of offspring by an organism in one group all at the same time, ne sont pas expliqués dans le glossaire, vraiment un peu maigre; voir aussi *agonistic buffering*, the use of infants by adults to inhibit aggression by other adults, reported among male Macaques and a few other Monkeys. Ce phénomène est bien connu chez les Hommes; cf. une certaine démonstration maghrébine il y a quelques années à Paris où femmes et enfants ont précédé les hommes armés de chaînes de vélos etc.

Les citations bibliographiques sont souvent inexactes et certaines manquent, comme PERRIN (1964 p. 78) ou

SKUTCH (1949 p. 80). Les loups dominés ne montrent pas la nuque (p. 224), mais se couchent sur le dos comme de nombreux autres Canidae. La définition du territoire (p. 245) d'après BROWN (1975) ne me paraît pas très bonne, par contre l'ouvrage «Territory» 398 pp. de STOKES (1974) n'est même pas cité. A ce sujet cf. HEYMER — **Vocabulaire Ethologique** (1977) p. 145-147 «territory and territory marking». L'exemple de convergence p. 253 est complètement faux, cf. aussi Vocabulaire Ethologique p. 102. La citation de Simone de BEAUVOIR p. 275 est également inexacte : «L'être dont être est de ne pas être».

Les exemples concernant le comportement de l'Homme sont loin de la vérité et du développement de l'Homme moderne et ne touchent que quelques peuples dans leur milieu naturel. L'auteur est très loin d'une véritable Ethologie de l'Homme.

Einige Worte an die Übersetzerin : Ganz allgemein ist das Buch schlecht übersetzt, dazu kommen fast auf jeder Seite ein störender Druckfehler. Mowe (*Larus*) schreibt man nicht mit «v», vergl. mit Mövchen (Estrild); man sagt auch nicht Tierlich, sondern tierisch. Abb. 51 zeigt als Paarungsvorspiel einen Laufschiß und keinen Vorschlag; cf. Prariehund z.B. stößt einen lauten Alarmschrei aus, sobald sich ein Koyote

der Stadt nähert p. 86 — was soll das ? Zebras verteidigen keine Kälber, höchstens Fohlen p. 94. Abb. 29 zeigt Singschwämme ? p. 104. Wir sagen hier schon seit langem Naturvölker, und was heisst denn eigentlich wild ?

Auch Raubvögel p. 114 werden schon seit mehr als 30 Jahren als Greife oder Greifvögel bezeichnet, ausserdem haben sie keine Kauen, sondern Fänge ! Meisen schlürfen sicher nicht die Sahneschicht von Milchflaschen ab (p. 126), Saugtrinken scheint hier gemeint zu sein, das findet man aber nur bei den *Pteroclididae*, *Columbidae* (mit Ausnahme von *Didunculus*) und bei den *Astrildidae*. Ejektion der Milch aus der Mutterbrust (p. 188) gibt es nicht ! Dieser Ausdruck ist physiologisch in bezug auf Auswurf, Kot, Exkremente etc. Tantenverhalten ja, Fremdeltern nein ! Vergl. auch negativen Bezug zu Stiefeltern. Die Mutter saugt nicht (p. 200), sondern stillt. Ameisenesser (p. 206), dann aber Fressen (p. 207) ! Meeresvogel plündern nicht die Fischschulen (p. 207), sondern sind Jäger. Seepocken sind keine Filterer (p. 249), sondern Filtrierer. So könnte man noch lange fortfahren !

Ce livre est l'exemple type à nuire à la Sociobiologie et provoque une véritable horripilation.

Armin HEYMER

VIE DE LA SOCIÉTÉ

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

COMPTE-RENDU DU CONSEIL DU 28 JUIN 1985

PRÉSENTS : MM. de BEAUFORT, BELLAN, BLANDIN, BOURNAUD, DAJOZ, DELAMARE-DEBOUDEVILLE, GILLOT, LAMOTTE, LEBRETON, LOSSAINT, MASSOUD, Mme RICOU.

EXCUSÉS : MM. AMANIEU, GRENOT, GRISON, GUYTANT, JARRY, LEFEUVRE, OZENDA, PESSON, RIOUX, TRÉHEN.

Le Conseil s'est tenu à l'Ecole Normale Supérieure, de 14 à 17 h.

Après les excuses des membres empêchés, la Secrétaire Générale fait part au Conseil du Décès de notre Collègue P.J. CHARLES et évoque les traits marquants de sa carrière au service de l'Écologie. Le Conseil observe une minute de silence à sa mémoire.

ACTIONS MULTIPLIÉES DE LA SOCIÉTÉ

La Secrétaire Générale informe le Conseil de quelques aspects des actions possibles sur divers thèmes scientifiques, notamment à propos de la constitution d'une Association française de Pastoralisme, puis passe la parole à M. LOSSAINT qui présente un projet de création d'un groupe d'Écologie du Sol au sein de la Société d'Écologie.

M. LOSSAINT expose l'historique du projet, qui reprend des actions entreprises il y a déjà longtemps (cf. le Colloque de Montpellier, 1973), puis montre l'intérêt d'une action dans le cadre de la Société d'Écologie. Il demande au Conseil si la création d'un tel groupe, disposant évidemment d'une certaine autonomie, correspond à l'optique de la Société. Ce projet a été exposé au Président de l'A.F.E.S. afin que les relations entre organisations complémentaires soient automatiques.

Un bureau provisoire a été constitué. En premier projet, il est envisagé l'organisation de Journées d'Écologie du Sol à Pamport, avec MM. LAVELLE et TRÉHEN comme organisateurs. Au-delà, des activités annuelles seraient prévues. A priori, environ 140-150 personnes seraient concernées, dont une quarantaine sont déjà membres de la Société d'Écologie.

Outre les colloques et réunions, une lettre d'information pourrait être envisagée, ou une information via la rubrique « Vie de la Société ».

Il est intéressant de reproduire les termes du débat qui a suivi cette présentation.

M. BOURNAUD. — pose le problème de la représentation de la Section au sein du Conseil.

M. MASSOUD. — est retenu pour la création d'une Société autonome, pour des raisons assez évidentes. Sur le plan juridique, pas de problème, mais comme c'est la première fois, il faut bien

préciser ce que l'on fait. Sur le plan scientifique, pas de problèmes, mais il peut y avoir quelques risques. Si chaque discipline crée une section, ce n'est plus de l'Écologie. Que va-t-il rester de la Société « mère » ? Il ne faudrait pas l'alourdir par un « bureau » parallèle. M. MASSOUD se méfie de ce qui est officieux. Si Section il y a, il tient à ce que l'animateur soit M. LOSSAINT.

Un débat s'ouvre sur le terme « Section ». Le terme de Groupe lui est finalement préféré.

M. de BEAUFORT. — Si l'on veut fixer des règles de création et de fonctionnement de tels groupes, on doit les intégrer dans le règlement intérieur.

M. MASSOUD. — Sa préoccupation va au-delà de ce problème particulier. On va actuellement vers un retour en arrière, vers des recherches plus réductionnistes. Attention à ce glissement imperceptible.

Au terme du débat, le Conseil adopte la résolution suivante, sur proposition du Secrétaire Général :

« Le Conseil de la Société d'Écologie souhaite qu'en son sein soit formé un Groupe d'Écologie du Sol qui travaille à valoriser l'approche écologique des problèmes de biologie du sol, en organisant, en collaboration avec les autres associations concernées, des Colloques, Tables rondes et toutes autres activités propres à développer ce champ scientifique. Il mandate M. LOSSAINT pour organiser ce Groupe. A cette fin, il réunit parmi les Membres de la Société d'Écologie, une équipe pour l'aider dans cette tâche ».

Les informations circuleront via la rubrique « Vie de la Société » et seront ainsi adressées aux membres non-abonnés. Toutefois, les participants au Groupe ainsi formé doivent devenir membre de la Société.

PROJETS DE COLLOQUES

Colloque des Sociétés d'Écologie France-Italie (M. BELLAN).

Un Colloque commun est projeté depuis un an. Il est focalisé sur les problèmes littoraux et aura lieu début juin 1986 à Marseille : deux jours et demi de colloque et une demi-journée de terrain. Il s'agit d'un Colloque de synthèse avec présentation de thèmes et discussions. Un équilibre sera assuré des présentateurs français et italiens. Il est prévu d'inviter les Espagnols. Il convient de boucler la préparation pour septembre afin d'envoyer à temps les premiers avis.

Colloque sur la vicariance, aspect biogéographique et écologique (M. BLANDIN pour M. PESSON).

Ce Colloque est commun aux trois Sociétés : Écologie, Biogéographie, Zoologie. Il est jumelé à l'Assemblée Générale de la Société d'Écologie, en janvier 1986 (avancée à la mi-janvier vraisemblablement) : une journée de Colloque + une demi-journée d'Assemblée Générale. La mise au point avec les deux autres Sociétés doit être poursuivie.

PROBLÈMES DU BULLETIN

Le fascicule 1/1985 sort incessamment.
Le fascicule 2 est à l'impression.

Dans l'ensemble le volant d'articles est légèrement insuffisant. Le fichier des abonnés est enfin mis à jour et informatisé (comme celui des membres non-abonnés). Une partie du temps de travail de secrétariat pourra donc être consacré au courrier de la Rédaction du Bulletin.

La fin de la parution du Bulletin dans Current Contents pose problème. Elle pose surtout la question de la politique à tenir quant aux articles, publications régionales à ne pas négliger.

Le Conseil est d'accord pour prendre les articles des auteurs étrangers en anglais, mais est réticent lorsqu'il s'agit d'articles écrits en anglais par des Français.

En ce qui concerne la tribune, les interventions continueront à être publiées telles quelles, sous la responsabilité de leurs auteurs (aucune correction).

QUESTIONS DIVERSES

- Appel aux membres du Conseil pour qu'ils sollicitent des can-

didatures au Prix de la Société ; les dossiers doivent comprendre la thèse et les publications.

- Colloque du Ministère de l'Environnement à Florac, 30-31/5/85. La Société d'Écologie participe au livre « Idéologie, Protection de la Nature ».

- Communiqué de l'O.N.F. : Liste des visites guidées dans les Forêts de France, à l'occasion de l'Année Mondiale de la Forêt.

- L'AFIE, à la suite de ses actions, rencontre la Direction de l'Enseignement Supérieur, le 3 juillet, afin de faire avancer la création des filières courtes d'ingénieur. Si l'écologie appliquée est perdante dans cette réforme, il est d'autant plus urgent que les responsables des nouvelles filières et du groupe de travail adressent leurs réflexions à l'AFIE sur les actions à mener en 1985-86.

M. de RICQUÈS a adressé une lettre circulaire d'information sur le rapport de la Commission Picon, relative à l'enseignement de la biologie dans les 1er et 2e cycles (4 ans) et sur la circulaire Blondel demandant la mise en application des propositions de cette Commission.

Il est demandé aux Sociétés de réagir à ce texte. La Société de Zoologie prépare un texte, celle d'Écologie va également prendre position.



Annnonce de Colloque

Ce colloque «**La Vicariance. Aspects biogéographiques et écologiques**», organisé en commun par la Société de Biogéographie, la Société d'Écologie et la Société Zoologique de France, se tiendra à Paris dans le grand amphithéâtre de l'Institut Océanographique, 95, rue Saint-Jacques, le jeudi 16 janvier 1986 de 9 h à 12 h, puis de 14 h à 18 h et le vendredi 17 janvier, matinée seulement de 9 h à 12 h ; l'après-midi étant réservée à l'Assemblée Générale de la Société d'Écologie au même endroit.

Notre collègue M. Grenot, qui est à la fois membre du Conseil de la Société d'Écologie et de la Société de Biogéographie, avait suggéré l'an dernier d'organiser un colloque commun entre nos deux sociétés, dont le thème général pourrait être «*la vicariance*».

Des contacts élargis avec la Société zoologique de France, suivis d'une concertation entre MM. G. BERNARDI, H. SAINT GIRONS et P. PESSON, conduisent aujourd'hui à proposer comme titre du Colloque :

«LA VICARIANCE, ASPECTS BIOGÉOGRAPHIQUES ET ÉCOLOGIQUES»

La vicariance peut être définie ici dans un sens large, comme désignant les modalités et mécanismes selon lesquels des espèces animales ou végétales peuvent se suppléer ou se remplacer, en considération de leur place et rôle dans un simple cycle biologique (hôtes de substitution dans un cycle de parasite), dans une biocénose, une guilda ou un échelon trophique, cela dans un domaine géographique donné (échelle locale, régionale ou continentale). La vicariance peut s'appliquer à toutes les catégories taxonomiques.

La vicariance relève donc de la biogéographie, de l'écologie des organismes, de leurs potentialités adaptatives, de leur biologie évolutive et de leurs relations phylétiques.

Il a été entendu d'un commun accord que les aspects de la vicariance à l'échelle des temps géologiques ne seront pas pris en considération, ni les successions de faune ou de flore dans l'évolution des biocénoses ou écosystèmes.

C'est pourquoi notre approche sera limitée aux aspects biogéographiques de la vicariance, dans leur contexte écologique et systématique.

Une commission restreinte chargée de l'organisation préliminaire de ce Colloque regroupe les noms suivants établis par cooption entre nos trois Sociétés : G. BERNARDI, Cl. GRENOT, M. LAMOÏTE, P. PESSON, H. SAINT GIRONS, Cl. SASTRE.

Bien entendu l'invitation à participer à ce Colloque sera adressée à toute Société scientifique dont les membres peuvent avoir des sujets à présenter sur ce thème de la vicariance.

Ce texte approuvé par les membres de la Commission du Colloque est diffusé par chacune des trois Sociétés auprès de ses membres, pour solliciter des participations d'auteurs, ceux-ci devant adresser leurs propositions dès que possible.

Le programme et l'ordre du jour du Colloque pourront être précisés en fonction des réponses reçues. Pour recevoir ce document qui sera mis au point fin octobre-début novembre, prière donc de faire connaître dès maintenant votre intention de participer ou au moins d'assister à ce Colloque, en écrivant à l'un des trois signataires de cette circulaire.

Les participants peuvent proposer de faire un exposé (15-20 minutes) ou de présenter des exemples sous forme de posters.

Ne pas perdre de vue que l'intérêt d'un tel Colloque est d'aboutir à une meilleure compréhension, voire définition, d'une notion scientifique qui recouvre des faits de nature souvent fort différente (vraie et fausse vicariance), en même temps qu'il permet de resserrer les liens professionnels et amicaux entre les membres de nos trois Sociétés

Pour la Société d'Écologie

P. PESSON (Président)
55, avenue Duquesne
75007 PARIS

Pour la Société zoologique de France

H. SAINT GIRONS (Membre du Conseil)
Laboratoire d'Évolution des êtres organisés
105, boulevard Raspail
75006 PARIS

Pour la Société de Biogéographie

G. BERNARDI (Président)
Laboratoire d'Entomologie
Muséum National d'Histoire Naturelle
45, rue Buffon
75005 PARIS

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Le **Bulletin d'Ecologie** ne publie que les travaux des membres de la Société d'Ecologie ; seuls les manuscrits des auteurs en règle avec le trésorier seront examinés. Tous les articles seront soumis à un comité de lecture.

Les manuscrits, soignés dans le fond et dans la forme, seront fournis en **trois exemplaires** sous leur forme définitive ; ils devront être **entièrement dactylographiés** au recto de feuilles 21 x 29,7 avec double interligne et marge de 5 centimètres. Ils devront être préparés en tenant compte de la présentation générale du **Bulletin d'Ecologie**. Ils devront comprendre, dans l'ordre :

Le titre ;

Le nom de l'auteur (ou des auteurs) avec le prénom en entier ;

L'adresse complète ;

Le résumé en français et le summary en anglais, d'une dizaine de lignes chacun au maximum. Les résumés devront indiquer s'il s'agit d'une mise au point ou d'un travail original, et dans ce dernier cas contenir les principaux résultats nouveaux qui seront apportés ;

La traduction en anglais du titre de l'article ;

Les mots-clés : liste succincte de mots significatifs ;

Une proposition de « titre courant » ne dépassant pas une quarantaine de signes ;

Le texte proprement dit avec mise en évidence des sous-titres et paragraphes et la mention dans la marge, au crayon, des passages qui peuvent être composés en petits caractères. Aucune autre indication typographique ne devra être mentionnée à l'exception des noms latins des organismes qui seront soulignés d'un trait et de ceux des auteurs qui seront soulignés de deux traits.

Les tableaux devront être présentés dactylographiés d'une façon correcte afin de pouvoir être clichés directement par l'imprimeur. Ils seront numérotés de 1 à n (en chiffres romains) et munis chacun d'une légende. Les légendes des tableaux seront dactylographiées sur des feuilles distinctes, à la suite.

L'illustration, numérotée de 1 à n devra être conçue en tenant compte du format du **Bulletin d'Ecologie**. Les dessins originaux seront fournis (et non des photocopies). Les illustrations ne devront pas dépasser le format 40 x 30 cm et être envoyées à plat, non enroulées. La réduction souhaitée sera indiquée au crayon. Les photographies seront numérotées et légendées avec les figures. Les légendes de toutes les figures seront dactylographiées à la suite sur des feuilles séparées.

La bibliographie sera présentée conformément au modèle que l'on peut trouver dans le **Bulletin d'Ecologie**. Les titres des revues et les titres des livres ou des thèses seront soulignés d'un trait.

Les auteurs recevront un seul jeu d'épreuves pour correction. Elles devront être retournées à la rédaction dans un délai de huit jours, accompagnées de la demande de tirés-à-part. **Aucune correction d'auteur ne sera acceptée.** Seules les erreurs typographiques devront être corrigées. Toute modification (ou addition) sera facturée à l'auteur. Si les épreuves ne sont pas retournées dans les délais impartis elles seront corrigées par les soins de la rédaction, ou bien la parution de l'article sera retardée.

Les résumés de thèses devront être dactylographiés selon une présentation que les auteurs peuvent connaître en consultant le **Bulletin d'Ecologie**.

Tous les manuscrits qui ne répondront pas aux normes indiquées ci-dessus seront retournés à leurs auteurs.

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

C/O Secrétariat Faune-Flore
57, rue Cuvier
75231 PARIS CEDEX
Tél. 336.54.22

C.C.P. 30 279 62 D LA SOURCE

TARIF D'ABONNEMENT POUR 1985

PARTICULIERS :	Cotisation	Abonnement	TOTAL
FRANCE	55 F	190 F	245 F
ÉTRANGER	55 F	265 F	320 F
COLLECTIVITÉS :	H.T.	T.V.A. 4 %	T.T.C.
FRANCE	384,60 F	15,40 F	400 F
Agences et Libraires (remise 10 %)	346,15 F	13,85 F	360 F
ÉTRANGER	403,85 F	16,15 F	420 F
Agences et Libraires (remise 10 %)	363,45 F	14,55 F	378 F

IMPORTANT : Toutes les cotisations doivent être payées directement et de façon impersonnelle à la **SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE**.

13 JAN. 1986